

**The Little X-ray  
Astronomer  
o "Due settimane da  
ricercatore".**

**INAF IASF Bologna**

**RI n. 578/2010**

F. Schiavone, N. Auricchio, M. Cappi, M. Dadina, B. De Marco, A. De Rosa, M. Giustini, P. Grandi,  
G. Malaguti, M. Malaspina, B. Marano, G. Migliori, G. Palumbo, G. Taffoni, E. Torresi, C. Vignali

**Universita' di Bologna - Dipartimento di Astronomia**

## Sommario

Introduzione .....	3
Origine e motivazioni.....	4
Le Passate Edizioni .....	5
Laboratorio di Astrofisica .....	7
Organizzazione.....	7
Programmazione .....	8
Didattica .....	9
Logistica.....	9
Accoglienza.....	9
Locali .....	10
Postazioni .....	10
Supporto ingegneristico .....	10
Attività .....	11
Argomenti scientifici del corso .....	11
Strumenti a supporto della didattica.....	12
Verifica dell'apprendimento .....	13
Testi/Bibliografia .....	13
Materiale didattico prodotto /Outreach .....	14
Riscontro studenti .....	15
Cosa faremo in futuro .....	15
Ringraziamenti .....	15
Appendice .....	16



## **Introduzione**

Il programma didattico IASF-BO offre agli studenti universitari di Astronomia un'occasione unica per entrare nella quotidianità della nostra équipe di ricerca. Oltre al lavoro di analisi dati previsto dalle esercitazioni, gli studenti frequentano un ciclo di lezioni appositamente preparate per loro.

In collaborazione con il Dipartimento di Astronomia dell'Università di Bologna, IASF Bologna organizza un'attività congiunta di seminari e laboratori della durata di due settimane (Mercoledì-Giovedì-Venerdì 9:30-17:00).

Dopo un ciclo di lezioni introduttive, gli studenti organizzati in piccoli gruppi, affrontano una problematica astrofisica mediante l'analisi delle osservazioni in raggi X di sorgenti galattiche (prevalentemente nuclei di galassie attive) ottenute dai satelliti attualmente in volo.

Dal 2010, il laboratorio di raggi X offre anche l'opportunità di acquisire un'esperienza di tipo tecnologico. Agli studenti è data la possibilità di accedere ai laboratori IASF Bologna dove vengono realizzati strumenti di rivelazione alla base della moderna astronomia delle alte energie. Sotto la supervisione di istruttori IASF-Bo, sperimentano le performances dei diversi rivelatori ed imparano a calibrare in prima persona un rivelatori di raggi X.

Al termine del tutorial, agli studenti è chiesto di sintetizzare la loro esperienza in una presentazione in power point organizzata come una comunicazione professionale ad una conferenza internazionale di Astrofisica.

X-Ray Lab fa parte del Corso di Laboratorio di Astrofisica dell'Università di Bologna.

## **Documenti di riferimento**

I documenti utilizzati durante il corso sono reperibili nel sito web  
<http://www.iasfbo.inaf.it/content/view/180/55/>.

- [D1] A. Bulgarelli, *Detectors per astronomia X*, 2010
- [D2] M. Cappi, *Radio quiet AGN*, 2010
- [D3] P. Grandi, *Radio loud AGN*, 2010
- [D4] C. Vignali, *BALQSOs/winds*, 2010
- [D5] M. Dadina, *Telescopes*, 2010
- [D6] C. Vignali, *Statistics*, 2010
- [D7] E. Torresi, *Tutorial Chandra*, 2010
- [D8] B.De Marco, *Tutorial XMM-Newton/XSPEC*, 2010
- [D9] A. Natalia, *Test and calibration of hard X-ray detectors*, 2010

### **Origine e motivazioni**

All'inizio del secondo millennio è entrata in vigore una delle tante riforme dell'Università prontamente identificata 3+2. In questo nuovo formato i 4 anni di laurea per la Fisica e l'Astronomia si sono trasformati in Laurea triennale più laurea Specialistica. A Bologna, sola sede con Padova ad avere attiva la laurea in Astronomia, la Laurea Specialistica era stata attivata con due indirizzi: Astrofisica e Cosmologia. Insieme agli altri corsi tutti basati su un dato numero di "crediti" (1 credito = 8 ore di lezione) fu istituito un corso di Laboratorio suddiviso in tre indirizzi: Ottico, Radio e Alte Energie (X e Gamma). Agli studenti veniva richiesto di sceglierne uno a seconda degli indirizzi che voleva attribuire alla propria tesi.

A Bologna, caso unico in Italia, oltre al Corso di Laurea in Astronomia esistono tre Istituti INAF: OABO (ad indirizzo prevalentemente ottico che gestisce su convenzione i telescopi ottici universitari di Loiano), IRA (che gestisce su convenzione la Croce del Nord dell'Università insieme alla parabola INAF entrambe a Medicina) e IASFBO di indirizzi prevalentemente X-Gamma e micro-onde.

Dalla loro fondazione negli anni 1969-70 ad oggi la sinergia con il Dipartimento di Astronomia dell'Università e di conseguenza il corso di Laurea e di Dottorato è stata totale e armonica. Molti studenti di Astronomia hanno fatto il loro lavoro di tesi di Laurea e/o Dottorato con "Co-Relatori" di uno dei tre Istituti. È sorta quindi naturale l'idea di impostare i tre laboratori in collaborazione con i tre Istituti dove esistono, da sempre, le strutture ed il personale preparato a istruire i giovani alla sottile arte di osservare alle tre lunghezze d'onda summenzionate.

Durante gli anni è cresciuto negli studenti il disagio e nei docenti la consapevolezza che assegnare a ogni studente uno dei tre laboratori era privare i giovani di un ampio ventaglio di opportunità e capacità osservative, sottolineiamo uniche in Italia, senza ragioni logiche. Una ulteriore riforma ha permesso di sanare questa stortura nel xxx modificando l'ordinamento dei corsi (scomparsi i due indirizzi nella Laurea Magistrale [prima specialistica]) e permettendo di istituire un unico laboratorio che comprende le tre discipline Ottico-Radio-X-Gamma. Dall'anno accademico 2009-2010 questo è avvenuto. Mentre in precedenza gli studenti che sceglievano il laboratorio presso IASFBO erano relativamente pochi (circa una decina) ora tutti gli iscritti al quinto anno di Astronomia lo devono frequentare. Questo ha richiesto una organizzazione ed un impegno che riteniamo utile ricordare in questo rapporto. In quanto segue si illustrano le procedure attivate ed il personale impegnato per questa "Settimana" di laboratorio. Il risultato è stato non solo soddisfacente per gli studenti ma un tonico di entusiasmo per il personale impegnato. Un certo numero di studenti è rimasto affascinato dalle operazioni "pratiche" tramite le quali hanno imparato come si ottengono i risultati e hanno, al fine, chiesto di poter fare la tesi presso il nostro istituto. La presenza continua anche del docente universitario della materia ha innescato promettenti collaborazioni che portano ad un migliore utilizzo delle risorse tecnologiche e umane presenti a Bologna.



*I ragazzi lavorano fianco a fianco con i ricercatori e mangiano nella stessa mensa.*



## **Le Passate Edizioni**

=====

High-Energy Lab 2009-10 [Vignali, Cappi e Dadina]

=====

37 studenti (12 gruppi, 6 prove con duplicati)  
8 ore di lezione frontale + avviamento alle esercitazioni

Storia dell'Astronomia X. Telescopi in banda X	[Dadina]
Parametri fondamentali dei telescopi in banda X	[Cappi]
Fisica degli AGN	[Cappi]
Evoluzione degli AGN e surveys in banda X	[Vignali]
La statistica e sue applicazioni in banda X	[Vignali]
Riduzione di dati in banda X ed utilizzo degli archivi	[Vignali]
Il Centro Galattico	[Vignali]
Breve introduzione alle radiogalassie	[Vignali]
Esercitazioni (parte prima - Cappi)	
Esercitazioni (parte seconda - Vignali)	

=====

High-Energy Lab 2008-09

=====

Nessun corso, anno di transizione (il corso fu portato dal primo anno magistrale al secondo anno magistrale, con l'obbligo per tutti gli studenti di frequentare tutti i laboratori - ottico, radio ed X).

=====

High-Energy Lab 2007-08 [Artisti vari]

=====

9 studenti (3 gruppi, 3 prove di analisi dati)  
8 ore frontali (Palumbo, Malaguti)

Storia dell'Astronomia X	[Dadina]
Parametri fondamentali per i telescopi X	[Dadina]
Raggi X: istruzioni per l'uso - parametri fond.	[Grandi]
Raggi X: istruzioni per l'uso - imm-lc-spec	[Grandi]
Il caso di radiogalassie con XMM-Newton	[Grandi/Migliori]
Statistica in banda X	[Vignali]
Tecniche di analisi di variabilita'	[Iwasawa]
Utilizzo degli archivi ed analisi dati	[Vignali]
Software specifici in banda X [TBR]	[Vignali/Cappi]
Sateliti X di nuova generazione	[Malaguti]
Symbol-X e la background rejection	[Fioretti]

=====

High-Energy Lab 2006-07 [Artisti vari]

=====

Lezioni frontali: Palumbo, Malaguti  
3 giorni di esercitazioni complete + presentazione finale dei risultati



Introduzione alla strumentazione: Integral, Swift	[Bianchin]
Introduzione alla strumentazione: XMM-Newton, Chandra	[Dadina]
I telescopi X del futuro	[Malaguti]
Statistica	[Vignali]
Parametri chiave dei rivelatori e telescopi X	[Dadina]
Concetti base e analisi scientifica dei dati	[Grandi]
SW di analisi e tool specifici	[Vignali]
Incontro con ex-studenti	[Ponti, Tombesi]

=====  
High-Energy Lab 2005-06  
=====

La struttura del corso e' simile a quella degli anni successivi, ma le presentazioni finali erano scritte.

Anno accademico	Data:	Partecipanti
2010 -2011 5° edizione	3-15 Novembre 2010	18
2009-2010 4° edizione		37
2008-2009 3° edizione		-
2007-2008 2° edizione		9
2006-2007 1° edizione		27

?Un po' di statistiche e valutazione su approccio e metodo?

## Laboratorio di Astrofisica

I Laboratori di Astrofisica sono un'esperienza unica nel panorama italiano perché permettono agli studenti universitari di sperimentare il mondo della ricerca frequentando uno dei centri di eccellenza della ricerca internazionale e lavorando per due settimane a fianco dei ricercatori. Questa intensa collaborazione tra il Dipartimento di Astronomia e l'IASF di Bologna ha come scopo quello di avvicinare i giovani alle professioni scientifiche fornendo loro un quadro quanto più possibile completo delle conoscenze e delle problematiche scientifiche più recenti dell'astrofisica.



*Istituto INAF/IASF di Bologna nell'Area di ricerca CNR e a destra una lezione della seconda edizione.*

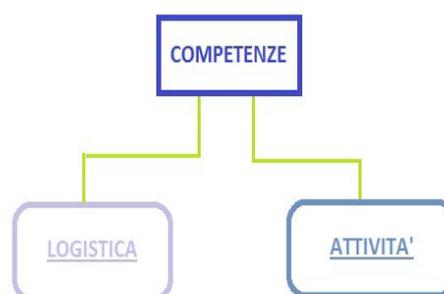
Questo documento vuole essere, oltre che un resoconto dell'attività dell'anno accademico 2009/2010, anche una linea guida per i prossimi corsi. Di seguito ci si riferirà unicamente all'edizione 2010 identificandone punti di forza e criticità.

## Organizzazione

Il corso di Laboratorio X offre rappresenta un'attività "full immersion" presso Area di Ricerca bolognese. Gli studenti trascorrono tutto la giornata ospiti dell'area seguendo lezioni, partecipando ad attività di laboratorio e condividendo con i ricercatori ogni momento della giornata lavorativa.

Questo implica, da parte dell'Istituto, un notevole sforzo organizzativo oltre che didattico.

I Laboratori prevedono infatti l'utilizzo di diversi locali (sala riunioni, sala dottorandi/laureandi, laboratori X-gamma) e facility (postazioni di lavoro, personal computer e strumentazione di laboratorio) dell'Istituto.



*Il Laboratorio vede un'ampia collaborazione dei ricercatori INAF/IASF che durante due settimane, tengono lezioni e seminari sui loro temi di ricerca e aprono le porte dei loro laboratori.*

Poiché il numero di studenti frequentanti il laboratorio X è aumentato considerevolmente negli ultimi anni, a partire dal 2010 lo storico team che gestiva il corso del corso di laboratorio X è stato ampliato. Altri colleghi dell'istituto sono stati invitati a partecipare al progetto in modo da assicurare maggiore efficienza e qualità nel servizio. La giusta miscela di competenze scientifiche,

conoscenza tecnica e abilità personali hanno permesso così la costituzione di uno staff performante e motivato.

Le persone dell'Istituto che hanno contribuito a tale iniziativa si sono occupati dei seguenti ambiti:

*Coordinatore 2010*

Paola Grandi

*Supporto didattico*

Auricchio  
Natalia  
Bulgarelli  
Andrea  
Cappi Massimo  
Dadina Mauro  
De Marco  
Barbara  
Giustini  
Margherita  
Grandi Paola  
Torresi Eleonora  
Migliori Giulia

*Supporto ingegneristico*

De Rosa Adriano  
Taffoni Giuliano

*Servizi Web*

Filomena  
Schiavone  
Marco  
Malaspina



*Teachers & supporters.*

### Programmazione

A seguito dell'invito rivolto dal Prof. Marano del dipartimento di Astronomia di Bologna a collaborare alla realizzazione del corso di "Laboratorio di Astrofisica" della Laurea Magistrale (*programma in Appendice*), il nostro Istituto e' stato contattato per affiancare il Dott. Vignali del Dipartimento di Astronomia nella conduzione del Laboratorio X.

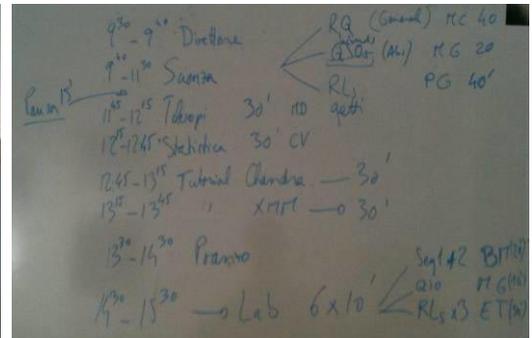
Tale attività è iniziata attraverso una prima fase programmatica che ha condotto alla definizione della struttura e delle modalità del corso fino a consolidarsi nel Programma definitivo (Vedi Appendice A). Un'importante novità 2010, promossa da IASF Bo e maturata con i docenti universitari, è stata quella di affiancare ad un'esperienza scientifica, basata sull'analisi dei dati da satellite e loro interpretazione, un approfondimento tecnologico basato sulla calibrazione di rivelatori a raggi X

Funzionale all'iniziativa è stato osservare milestone definite:

- ✓ Riunioni programmatiche
- ✓ Risorse motivate
- ✓ Interscambio con dipartimento
- ✓ Tempistica



*Planning.*



## Didattica

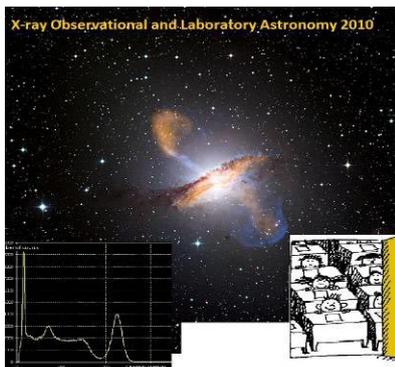
Di concerto col team universitari il corso di laboratorio è così articolato:

- ✓ Lezioni teoriche frontali (Programma in Appendice)
- ✓ Introduzione alle misure di laboratorio
- ✓ Esercitazioni in piccoli gruppi- analisi dati/ laboratorio tecnologico
- ✓ Redazione di relazioni e loro discussione pubblica.

Le lezioni frontali sono state programmate in due tempi distinti.

Il 15 ottobre è stata tenuta una prima lezione introduttiva sui rivelatori X (Dr. Bulgarelli) presso il dipartimento di astronomia della durata di due ore.

Il 3 novembre, data di inizio del laboratorio X presso l'IASF, è stato completamente dedicato alle lezioni frontali. Sono state fornite agli studenti elementi basilari di astrofisica delle alte energie, nozioni di statistica e mostrati due tutorial per l'analisi dei dati inviati a terra dai satelliti Chandra e XMM-Newton. Come anticipato nei paragrafi precedenti, l'edizione 2010 ha introdotto per la prima volta un'esperienza di tipo tecnologico, che consiste nell'acquisizione di misure di calibrazione/immagini ottenute tramite rivelatori a stato solido in banda hard X.



-science & data analysis:  
room 308, 1st floor

-X-ray lab:  
room 608, 4th floor

Welcome to INAF IASF Bologna!!

Il Laboratorio X 2010 è stato frequentato da 18 studenti suddivisi in gruppi di 3-4 persone ad ognuno dei quali è stata assegnata una specifica problematica scientifica.

Per 5 giorni i gruppi hanno analizzato i dati X ed alla fine proposto un'interpretazione dei risultati.

A turno ogni gruppo ha speso 2-3 ore in laboratorio per la calibrazione strumentale.

Il materiale didattico prodotto è riportato in appendice al fine di garantire una linea

guida per le prossime edizioni

## Logistica

### Accoglienza

Al fine di garantire un'adeguata accoglienza è stata predisposta una cartellonistica dedicata all'evento che ha indirizzato gli studenti nei locali predisposti. Il Direttore e lo staff hanno ricevuto i ragazzi in sala riunioni dove è stato dato loro il benvenuto e fornite informazioni di servizio.

È stata inoltre realizzata una pagina web dedicata denominata "teaching and training" sul sito IASF Bologna dove sono state caricate in real time tutte le lezioni del corso.

## Locali

I locali che l'Istituto ha allocato e utilizzato durante le attività del corso sono stati diversi e funzionali all'attività svolta, in particolare:

- Sala riunioni (409)
- Sala laureandi (306)
- Laboratorio SSDG (608)

In sala riunioni sono state tenute le lezioni frontali e il mini-congressino, nella stanza laureandi e nel locale attiguo sono state organizzate 6 postazioni di lavoro in cui i ragazzi hanno processato i dati relativi alle esercitazioni, nel laboratorio Solid State Detector Group, invece, sono state realizzate le attività sperimentali.

## Postazioni

Il laboratorio ha previsto l'impiego di 8 stazioni di lavoro, costituite da PC x86, con almeno 512MB di RAM. Le postazioni sono state preparate utilizzando delle distribuzioni Live della distribuzione Linux Centos (Red Hat Enterprise Linux like/Ambiente UNIX su CD), per fornire un ambiente di sviluppo omogeneo a tutte le postazioni, facilitando quindi lo svolgimento delle esercitazioni.



Per migliorare la qualità dell'insegnamento offerto, si è utilizzato per il corso lo stesso ambiente di produzione impiegato abitualmente dai ricercatori dell'IASF-Bologna nel corso delle loro attività. Per tale motivo si è quindi deciso di impiegare il servizio di calcolo dell'Istituto anche per l'attività didattica, creando un account per ogni gruppo sia sul cluster d'istituto *Bitonno* che

sul server *Galileo2*, utilizzato dai progetti X.

In tal modo si è facilitato il lavoro svolto a casa dallo studente che ha avuto la possibilità di accedere anche da remoto alle risorse di calcolo di IASF, nonché di poter rivedere, ripetere o completare l'attività svolta durante l'esercitazione.

## Supporto ingegneristico

I pacchetti software impiegati durante il laboratorio X sono stati di supporto all'intera esperienza e hanno previsto l'installazione di tools di sistema per lettura/scrittura documenti (*emacs*, *Acrobat*, *OpenOffice*) e codici dedicati all'attività di elaborazione dei dati scientifici e sperimentali.

## Ambiente analisi dati



*Stanza 306 Undergraduate students*



*Stanza 608 solid-state lab – physics*



*Stanza 409 Sala riunioni*

Gli applicativi utilizzati dagli studenti per l'elaborazione dei dati scientifici sono stati quelli in uso dalla comunità scientifica per lo studio delle principali missioni X, raccolti nel pacchetto *headas (FTOOLS, XSPEC)* sviluppato da NASA e pubblicamente disponibili, oltre al SW di analisi, *CIAO* e *SAS*. Rientrando tali software fra quelli già presenti sul cluster d'istituto, non è stato necessario effettuare ulteriori installazioni.

### Configurazioni Generali

**Come settare la tastiera italiana:**  
Sul menu superiore selezionare *System/Preferences/Keyboard*. Selezionare la tendina *Layout* fare click su *Add*. Nella tendina di sinistra selezionare *Italy*, premere *OK*. Selezionare *Italy*, premere bottone *UP* (Italy diventa la prima opzione) e chiudere la finestra.

**Come impostare la stampante:**  
Sul menu superiore selezionare *System/Administration/Printing*. Fare Click su "New Printer". Inserire il nome: *hpfast1*. Fare click su "Forward". Selezionare "AppSocket/HP JetDirect". Inserire lo *hostname*: 192.167.166.12. Fare click su "Forward". Nella tendina selezionare la stampante: *HP*. Fare click su "Forward". Selezionare il modello: *LaserJet 4250*. Fare click su "Forward". Fare click su "Apply". Selezionare *Local Printer* → *hpfast1*. Selezionare la tendina "Printer Options". Nella sezione "General" selezionare "2 side printing": *Long Edge Binding*. "Media Size": *A4*.

**Come lanciare il terminale:**  
Sul menu superiore selezionare *Accessories/Terminal*  
Per aggiungere il terminale al menu superiore selezionare *Accessories/Terminal* premere il pulsante destro del mouse e selezionare "Add launch pane!"

### Configurazioni specifiche per I singoli gruppi

<p><b>Gruppo: 3 - 4</b> <b>Server:</b> bitonno.iasfbo.inaf.it <b>Comandi</b> Per connettersi al server: <code>ssh -X gruppoID@bitonno.iasfbo.inaf.it</code> Per accedere ai dati: <code>cd /RossiFumi/users/gruppoID</code> Per ridurre i dati Chandra: <code>source ciao.sh</code> Per usare gli Ftools e Xspec: <code>source heasoft.sh</code> <b>NOTA:</b> usa sempre due terminali diversi per i due</p>	<p><b>Gruppo: 1 - 2 - 5 - 6</b> <b>Server:</b> galileo2.iasfbo.inaf.it <b>Comandi</b> Per connettersi al server: <code>ssh -X gruppoID@galileo2.iasfbo.inaf.it</code> Per ridurre i dati XMM <code>source set_sas.sh</code></p>
--	---

*Cartellonistica tecnica di supporto alle postazioni.*

## Ambiente strumentale

L'esperienza tecnologica ha previsto la fase di acquisizione ed elaborazione dati gestita da due distinti SW: uno di tipo commerciale, *MCAAmptec*, ed un tools *custom* scritto in *LabVIEW*, linguaggio di programmazione per acquisizione/analisi dati e sviluppo di applicazioni tramite strumentazione virtuale. Gli studenti hanno potuto, inoltre, utilizzare *Rad Decay* che fornisce le caratteristiche dei decadimenti radioattivi di più di 3000 radionuclidi, tempo di vita, tipo di decadimento, energia delle particelle emesse (alfa, beta, fotoni gamma e raggi X).

## Attività

### Argomenti scientifici del corso

I temi scientifici presentati nelle lezioni frontali introducono concetti fondamentali di astrofisica spaziali propedeutici all'introduzione delle più moderne problematiche. Le lezioni vengono infatti aggiornate di anno in anno (vedi paragrafo "Le passate edizioni").

In particolare, grande attenzione viene dedicata allo studio dei processi fisici che regolano l'emissione di fotoni altamente energetici (X-Gamma) in sorgenti extragalattiche nel tentativo di appassionare gli studenti alle tematiche scientifiche attualmente più dibattute nell'ambito astrofisico.

Nel dettaglio le tematiche affrontate sono state:

- ☀ Rivelatori di raggi X e Gamma.

- ✦ Descrizione degli strumenti a bordo dei principali satelliti X in volo (Chandra, XMM-Newton, Suzaku).
- ✦ Concetti base: fuocheggiamento della radiazione in banda X, PSF, risoluzione angolare, risoluzione in energia, risoluzione in tempo, campo di vista, risposta strumentale
- ✦ Richiami a statistica di base e applicazioni nel trattamento dei dati in banda X.
- ✦ Fisica degli AGN radio-quieti e radio-emittenti; descrizione dei venti nella classe di BALQSOs.
- ✦ Descrizione del SW di analisi: CIAO, SAS, FTOOLS, XSPEC, ecc.
- ✦ Esempi guidati di analisi dati utilizzando puntamenti da archivio dei satelliti Chandra ed XMM-Newton.

## Strumenti a supporto della didattica

### Analisi dati

Una volta provvisti di un background teorico minimo, gli studenti sono stati in grado di affrontare la prova di laboratorio riproducendo passo dopo passo le procedure seguite da un astrofisico professionista nell'analizzare il file contenente tutte le informazioni inviate a terra da un satellite X durante il puntamento di una sorgente X.

Le esercitazioni proposte nel 2010 (Tabella a fianco) sono state selezionate seguendo i seguenti criteri:

- 1) Problematica scientifica di punta;
- 2) Sorgente con spettro relativamente semplice, generalmente fittabile con due-tre componenti;
- 3) Sorgente estesa con differenti regioni facilmente separabili e distinguibili spazialmente.

<b>Es. #</b>	<b>Sorgente Satellite</b>	<b>Tutor</b>
1	Ark 120 - XMM	B. De Marco
2	NGC 7314 - XMM	B. De Marco
3	1136-135- Chandra	P. Grandi
4	Pictor A - Chandra	P. Grandi
5	Pictor A - XMM	P. Grandi
6	APM 08279+5255 - XMM	M. Giustini

*Argomenti esercitazioni proposte.*

Le informazioni grezze fornite dal satellite necessitano di essere "ripulite" prima di ottenere i prodotti (immagini, curve di luce e spettri della sorgente osservata) analizzabili scientificamente.

I dati proposti agli studenti sono stati estratti dagli archivi pubblici ed elaborati in precedenza in modo da poter fornire loro un file già pronto per la diretta estrazione dei prodotti.

Una volta prodotte le immagini/curve di luce/ spettri gli studenti hanno potuto iniziare l'analisi scientifica dei dati utilizzando software specifici. A questo scopo sono stati preparati dei Tutorial di supporto all'analisi dati dei satelliti scelti, rispettivamente Tutorial Chandra [D7] e Tutorial XMM-Newton [D8].

L'analisi scientifica contemplava lo studio morfologico di sorgenti estese, lo studio di variabilità temporale utilizzando differenti tempi scala, analisi dettagliata dello spettro, con particolare attenzione allo studio del continuo e delle righe di emissione/assorbimento.

### Laboratorio tecnologico

Durante le esercitazioni in laboratorio, gli studenti hanno potuto utilizzare rivelatori X dello stesso tipo di quelli impiegati a bordo di satelliti attualmente operativi.

In particolare hanno acquisito spettri energetici ed immagini di sorgenti radioattive collimate.

Gli studenti hanno potuto familiarizzare con la strumentazione utilizzata per la lettura del segnale proveniente dai rivelatori a stato solido impiegati, utilizzando una catena spettroscopica standard,

acquisire gli spettri di tipiche sorgenti radioattive di calibrazione, analizzarne le caratteristiche principali ed eseguire la calibrazione in energia. L'esperienza si è conclusa con l'acquisizione di alcune immagini di una sorgente radioattiva con una matrice di 4x4 pixel al fine di poterne individuare la posizione sul piano di rivelazione.

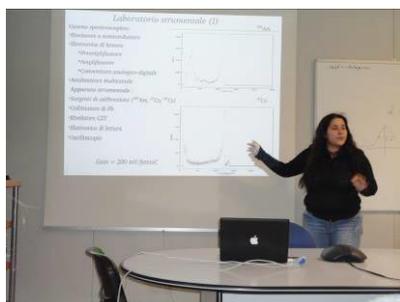
In entrambe le esercitazioni (analisi dati/tecnologico) gli studenti dovevano svolgere il programma assegnato. I gruppi particolarmente motivati erano stimolati ad elaborare piu' approfonditamente alcuni aspetti dell'esperienza. Tale sforzo aggiuntivo veniva naturalmente considerato nella valutazione finale.

### Verifica dell'apprendimento

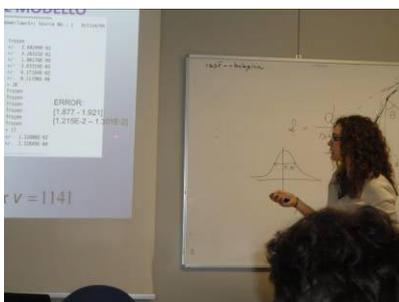
Un mini-workshop dedicato ha concluso le due settimane di laboratorio X.

Gli studenti hanno discusso l'attività svolta e i risultati scientifici ottenuti presentando un Power Point e sostenendo un dibattito scientifico con l'audience (ovvero i docenti del corso).

Le relazioni, valutate da tutti i docenti del laboratorio X, hanno concorso a determinare il voto finale del Corso di Laboratorio di Astrofisica dell'Università di Bologna.



Presentazioni: F Senatore (Gr. 2).



C. Castiglione (Gr. 3).



Valutazione performance.

Ogni studente è valutato in base ad un colloquio orale che verte su tutto il programma del corso e ai giudizi ottenute nelle tre diverse prove di laboratorio (radio ottico e X).

### Testi/Bibliografia

Dato il carattere del corso, molto del materiale didattico è basato su note, presentazioni Powerpoint e letture suggerite nel corso.

Nell'edizione 2010 alcuni testi utili sono stati:

- Kitchin, Astrophysical techniques, Philadelphia Inst. of Physics
- Schroeder, Astronomical Optics, Associated Press
- Léna, Lebrun, Mignard - Observational Astrophysics, Springer

## **Materiale didattico prodotto /Outreach**

Al fine di diffondere e promuovere la conoscenza e l'immagine dei Laboratori, l'esperienza dello Stage di Astrofisica 2010 ha determinato una pagina web dedicata denominata *teaching and training* <http://www.iasfbo.inaf.it/content/category/7/923/126/> sul sito IASF Bologna in cui, oltre a presentare e pubblicizzare l'evento, sono stati raccolti e messi a disposizione del pubblico le lezioni, le foto e il materiale didattico del corso.

## **Teaching and training**

Di seguito il listato del frontespizio della pagina web dedicata all'evento. In Appendice il Programma del Corso 2010.



### **X-ray Observational and Laboratory Astronomy 2010**

In collaboration with the Astronomy Department of the University of Bologna, **IASF-Bologna** organizes combined seminar/lab investigating a broad range of astronomical systems through detection and analysis of their X-ray emission and other radiation they emit. The laboratory runs for two weeks (Wednesday -Thursday - Friday from 9:30 a.m. to 7:00 p.m.). Students, working in small groups, are introduced to the current problematics of super massive black holes in order to contextualize their X-ray data analysis exercises.



This year, the X-ray lab offers also the opportunity to gain firsthand experience with the basic instrumentation tools of modern X-ray astronomy. Test and calibration of hard X-ray detectors are conducted by the students under the supervision of IASF-Bo instructors. At the end of the tutorial, the students summarize their Lab experience in a power point presentation organized as a professional communication to an Astrophysical Conference.

X-ray Lab is part of the Astrophysics Laboratory Course/University of Bologna.

**Where and when:** INAF IASF Bologna, 3-15 November 2010

**Speakers/instructors:** C. Vignali, P. Grandi, M. Dadina, M. Cappi, E. Torresi, B. De Marco, M. Giustini, A. Bulgarelli, G. Migliori.

**Lab teachers:** N. Auricchio, F. Schiavone

**System managers:** G. Taffoni, A. De Rosa



## ***Riscontro studenti***

### ***Cosa faremo in futuro***

Il corso di laboratorio presso l'IASF, favorendo l'interazione tra ricercatori e studenti, costituisce un canale di primaria importanza per l'attrazione e l'eventuale inserimento di giovani nel campo della ricerca delle alte energie. Gli studenti possono infatti concludere il ciclo di studi universitari svolgendo una tesi presso l'istituto.

L'esperienza dell'anno accademico 2009-2010 ha evidenziato:

#### *punti di forza*

Gruppo di lavoro numeroso, motivato e collaborativo;  
Professionalità e disponibilità;  
Espertise strumentale (che rende l'IASF unico nell'ambito della ricerca bolognese)

#### *e vulnerabilità*

Spazi al limite.

Il problema può aggravarsi se il numero degli studenti cresce (come dovrebbe accadere per l'anno accademico 2010-2011);

Numero limitato di studenti (2-3 gruppi al massimo) seguito da un singolo ricercatore.

Per favorire una più proficua interazione, ogni studente deve interagire con tutti i tutors.

Sbilanciamento tra le ore dedicate all'analisi dei dati e quelle trascorse in laboratorio.

In modo del tutto sperimentale, si sta valutando la proposta di registrare e raccogliere riprese video delle lezioni del corso che potranno essere distribuite in DVD, agli studenti a corredo del corso.

### ***Ringraziamenti***

Un particolare ringraziamento va al Prof. Marano che ha promosso la collaborazione tra Università e IASF Bologna, al direttore dell'Istituto che ha reso disponibili locali e facilities e infine al Dr. Caroli che ha offerto agli studenti la possibilità di utilizzare la strumentazione del laboratorio Stato Solido



## Appendice

### Program 2010:

Friday, October 15th		
09:40-10:20	<b>A. Bulgarelli</b>	Detectors per astronomia X
Wednesday, November 3rd		
09:30-09:40	Director's Welcome	
09:40-10:20	<b>M. Cappi</b>	Radio quiet AGN
10:20-11:00	<b>P. Grandi</b>	Radio loud AGN
11:00-11:10	<i>break</i>	
11:10-11:30	<b>C. Vignali</b>	BALQSOs/winds
11:30-12:00	<b>M. Dadina</b>	Telescopes
12:00-12:30	<b>C. Vignali</b>	Statistics
12:30-12:50	<i>break</i>	
12:50-13:30	<b>E. Torresi</b>	Tutorial Chandra
13:30-14:20	<i>Lunch</i>	
14:20-15:10	<b>B. De Marco</b>	Tutorial XMM-Newton + XSPEC
15:10-16.10	<i>Course laboratory experiences</i>	
	<b>B. De Marco</b>	Ark 120 (Group 6)
		NGC7314 (Group 3)
	<b>P. Grandi</b>	1136-135 (Group 2)
		PICTOR A Chandra (Group 5)
		PICTOR A XMM (Group 1)
	<b>M. Giustini</b>	APM 08279+5255 (Group 4)
16:10-16:30	<i>Info students</i>	
16:30-18:00	Data analysis	
Thursday, November 4th/Friday, November 5th		
9:30-13:30	Data analysis	
13:40-14:30	<i>Lunch</i>	
14:30-17:00	Data analysis	
Wednesday, November 10th		
9:30-11:30	<b>N. Auricchio</b>	X-ray lab IV floor (Group 1)
11:30-13:30		X-ray lab IV floor (Group 2)
9:30-13:30	Data analysis ( Groups 3-6)	



13:30-14:30	<i>Lunch</i>	
14:30-16:30	<b>N. Auricchio</b>	X-ray lab 4th floor (Group 3)
14:30-16:30	Data analysis (Groups 1-2, 4-6)	
<b>Thursday, November 11th</b>		
9:30-13:30	<i>Data analysis</i>	
13:40-14:30	<i>Lunch</i>	
14:30-17:00	<i>Data analysis</i>	
<b>Friday, November 12th</b>		
9:30-11:30	<b>N. Auricchio</b>	X-ray lab 4th floor (Group 4)
11:30-13:30		X-ray lab 4th floor (Group 5)
9:30-13:30	Data analysis (Group 1-3, 6)	
13:30-14:30	<i>Lunch</i>	
14:30-16:30	<b>N. Auricchio</b>	X-ray lab 4th floor (Group 6)
14:30-16:30	Data analysis (Group 1-5)	
<b>Monday, November 15th</b>		
9:30-17:00	Workshop	
<b>Antonio Garufi, Fabio Vito, Matteo Bianconi - (Group 1)</b>		Pictor A: spectra and magnetic field with XMM-Newton
<b>Davide Massari, Enrico Maria Di Teodoro, Ivan Delvecchio, Francesca Senatore - (Group 2)</b>		Analisi della sorgente PKS 1136135
<b>Claudia Castiglione, Daniela Rinaldi, Chiara Mongardi, Vincenzo Senzatela - (Group 3)</b>		SORGENTE NGC7314
<b>Alessia Garofalo, Alfonso Veropalumbo, Emilio Lapenna - (Group 4)</b>		APM 08279 + 5255
<b>Carlotta Federici, Maria Grazia Blasi, Marianna Tenti - (Group 5)</b>		Studio di PictorA attraverso dati Chandra
<b>Valeria Zerbinati, Caterina Tiburzi, Mario Cornacchia - (Group 6)</b>		Arakelian 120

