



BoAstro2009 ANNO GALILEIANO



www.boastro2009.it

IN OCCASIONE DEI 400 ANNI DELLE PRIME OSSERVAZIONI ASTRONOMICHE DI GALILEO GALILEI CON IL CANNOCCHIALE

PERCHÉ IL 2009 ANNO GALILEIANO E ANNO DELL'ASTRONOMIA

«*Astronomicus nuncijs* ... avviso astronomico che contiene e chiarisce recenti osservazioni, fatte per mezzo di un nuovo occhiale nel volto della Luna, nella Via Lattea e nelle stelle, nonché in quattro pianeti non mai finora veduti, chiamati con il nome di Astri Medicei».

Così si legge nella prima pagina del *Sidereus Nuncijs*, il libro con il quale Galileo Galilei annunciò al mondo le nuove scoperte, eseguite grazie al *perspicillius exactissimus*, il cannocchiale da lui costruito. Come il 2005 era stato proclamato "International Year of Physics", nel centenario della pubblicazione dei lavori di Albert Einstein che cambiarono la concezione dello spazio e del tempo, della materia e dell'energia e dell'Universo nel suo complesso, così l'Unione Astronomica Internazionale (IAU), con il patrocinio dell'ONU e dell'UNESCO, ha proclamato il 2009 "International Year of Astronomy" (IYA2009), per ricordare il quarto centenario delle prime osservazioni telescopiche che svelarono allo scienziato pisano un Cosmo del tutto diverso da quello sino ad allora conosciuto e per «aiutare i cittadini del pianeta Terra a riscoprire il loro ruolo nell'Universo attraverso la conoscenza del cielo e a

sione sempre più vasta dell'astronomia, della scienza e della cultura in generale.

Da sempre, infatti, l'astronomia ha avuto un profondo impatto sulla cultura, come testimoniano le innumerevoli opere del pensiero e delle arti che – in tutte le epoche e in tutte le civiltà – hanno evidenziato il legame ininterrotto tra l'uomo e il cielo, esaltando e discutendo, anche in termini problematici o drammatici, l'essenza o la mancanza di un ruolo dell'umanità all'interno dell'universo.

Cosa accadde, dunque, in quel lontano autunno del 1609? Cosa contribuì a renderlo *annus mirabilis*? Quali nuovi cieli si svelarono a Galileo che iniziava a osservarli «*incredibili animi jucunditate*»?

È certo che non fu lo scienziato pisano a inventare il telescopio. Infatti, nelle prime pagine del *Sidereus Nuncijs* è lui stesso a scrivere che, nel luglio del 1609, «giunse alle nostre orecchie la voce che un certo Fiammingo aveva un occhiale, mediante il quale gli oggetti molto distanti si vedevano distintamente come fossero vicini». Il cannocchiale, infatti, era già in uso dalla fine del Cinquecento e la sua invenzione, pur se di incerta attribuzione, pare sia di ambito italiano, essendo documentato che uno dei primi "occhiali" fiamminghi «fece il primo cannocchiale da quello di un italiano, sul quale era scritto "anno 1590"».

Se Galileo non è stato l'inventore del cannocchiale, si deve ricordare che non è stato neanche il primo a volgerlo al cielo, essendovi la testimonianza di osservazioni telescopiche della Luna eseguite dall'inglese Thomas Harriot un paio di mesi prima di Galileo.

Dunque, se non ha inventato il cannocchiale, se non ha osservato il cielo per primo con il nuovo strumento, qual è stato il suo merito e perché è importante quel 2 ottobre 1609 in cui iniziò a volgerlo al cielo?

È impossibile riassumere in poche righe la vasta bibliografia che esamina la figura e il ruolo di Galileo, sia da un punto di vista scientifico e metodologico, sia filosofico, religioso e culturale, per cui qui ricorderemo solo l'importanza di quelle sue osservazioni iniziate 400 anni or sono.

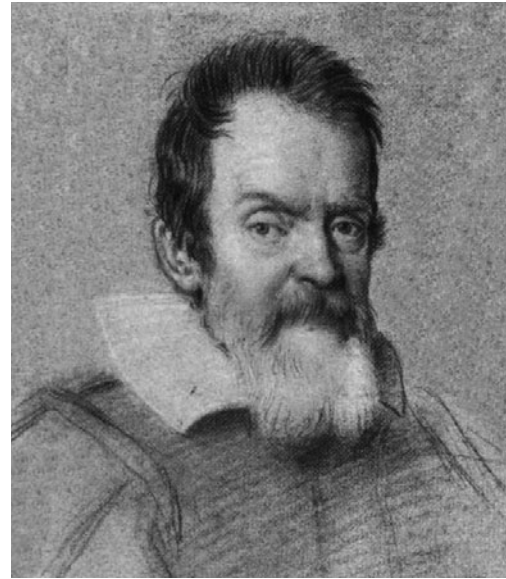
Egli contribuì certamente a migliorare le qualità ottiche di quei primi strumenti e a perfezionarne le tecniche di utilizzo, ma è soprattutto indiscutibile il metodo con il quale inserì quelle osservazioni astronomiche in un discorso complessivo sulla cono-

scienza del Mondo, legandole sia alla nuova fisica che andava costruendo che al nuovo modo di studiare la natura, mediante esperimenti e osservazioni. Il tutto con l'obiettivo di «estendere più ampiamente i limiti del potere e della grandezza dell'uomo», come affermato da uno dei protagonisti della rivoluzione scientifica, Francis Bacon.

La scoperta di monti e valli sulla Luna e la scoperta delle macchie nel Sole – astri che, aristotelicamente, dovevano essere costituiti di materia incorruttibile – la scoperta di nuovi satelliti in rotazione intorno a



Galileo presenta il telescopio al Doge di Venezia, in un affresco ottocentesco di Luigi Sabatelli nella "Tribuna di Galileo", a Firenze.



Ritratto di Galileo, commissionato dallo scienziato a Ottavio Leoni nel 1624.

Giove – che mostravano come la Terra non fosse più l'unico centro per tutti i moti celesti – la scoperta di «un numeroso gregge di stelle» – mai prima viste a occhio nudo – il tentativo di misurarne le dimensioni e quindi di stimarle più lontane di quanto allora si pensasse – il che poneva in discussione dimensioni, distanza ed esistenza stessa della sfera immobile delle stelle fisse che "chiudeva" l'Universo – l'osservazione delle fasi di Venere, simili a quelle della Luna – non giustificabili nel sistema tolemaico – erano tutte scoperte che mostravano come «questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi ... io dico l'Universo» fosse del tutto differente, sia nella costituzione, sia nelle dimensioni, sia nei moti, da quello conosciuto sin dall'antichità.

Soprattutto, queste osservazioni, eseguite tutte nell'arco di un paio di anni, a partire da quell'ottobre 1609, mutarono radicalmente anche quella che era la concezione del Sistema del Mondo proposto mezzo secolo prima da Nicolò Copernico nel *De revolutionibus orbium coelestium*, rendendolo astronomicamente coerente con le evidenze osservative e consentendo di accantonare alcune delle critiche "fisiche e astronomiche" più pesanti che gli erano state rivolte. Altre critiche, di origine "filosofica e teologica", restavano aperte. Contro queste Galileo si batté nel corso di una vicenda, tra il 1616 e il 1633 (anno della condanna), che segnerà profondamente e per lungo tempo non solo l'animo dello scienziato pisano, ma anche la storia della scienza e della cultura in Italia e in Europa.

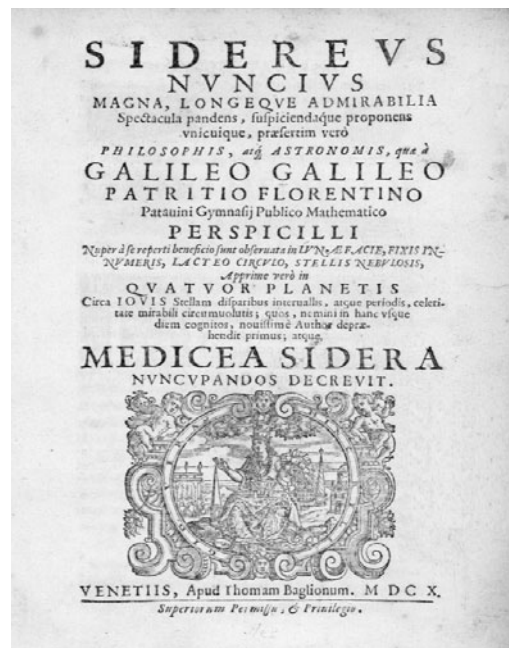
Resta il fatto che lo scienziato Galileo Galilei è passato indenne attraverso questi 400 anni, superando polemiche, processi, condanne e critiche e si può quindi affermare che il maggior contributo che egli ha fornito alla storia del pensiero sia proprio quello del metodo scientifico che egli ci ha

lasciato, come sintesi tra «sensate esperienze e necessarie dimostrazioni».

Prima di concludere, vanno ricordati altri importanti anniversari che cadono nel 2009.

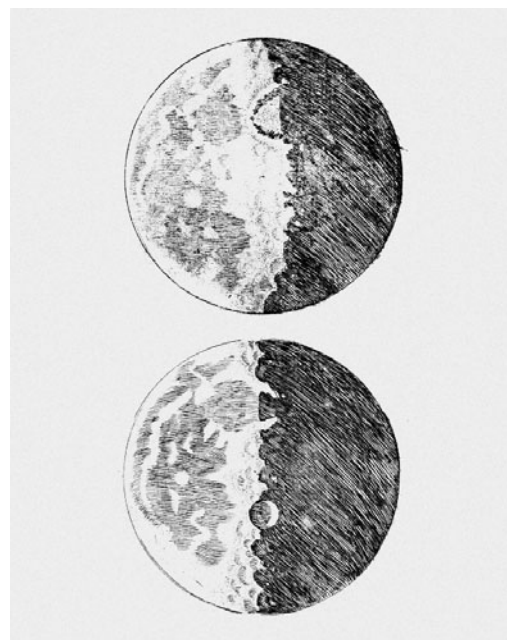
Uno, sempre legato all'astronomia, è quello della pubblicazione, nello stesso 1609, dell'*Astronomia nova* di Keplero, nella quale formulò le sue prime due leggi, quelle che descrivono i moti dei pianeti non più come circolari e uniformi, bensì su delle orbite ellittiche e seguendo una *vis* (una forza) che li fa muovere più velocemente vicino al Sole e più lentamente quando se ne allontanano. Sarà poi questa forza ad essere descritta nel 1687 da Newton, nei *Philosophiae naturalis principia mathematica*, con la legge di gravitazione universale ... universale, appunto, in quanto l'Universo diventa ora uno solo e la scienza può studiarlo nella sua interezza, applicandovi ovunque le stesse leggi e la stessa fisica, come era già esplicito nelle intenzioni del programma galileiano. L'altro anniversario è quello dei 150 anni della pubblicazione dell'opera di Darwin, *On the origin of species by means of natural selection*, l'inizio di una nuova rivoluzione – dopo quella copernicana che aveva tolto la Terra dal centro del Cosmo – che iniziò a rivedere anche la posizione dell'Uomo sulla Terra. E, per finire, nel 2009 ricorrono 80 anni dalla scoperta di Edwin Hubble di quella relazione tra la distanza e la velocità di allontanamento delle galassie che, portando al concetto di un universo in espansione, finirà per spostare la posizione della Terra, del Sole, del Sistema solare e della nostra Galassia addirittura dal centro del Cosmo.

Possiamo immaginare che altre rivoluzioni scienti-



Il *Sidereus Nuncijs*, pubblicato a Venezia il 13 marzo 1610 e dedicato a Cosimo II de' Medici, nel quale Galileo annuncia le sue prime scoperte eseguite con il cannocchiale.

provare l'entusiasmo della scoperta e della condivisione delle conoscenze». Le celebrazioni del 2009 intendono incrementare la consapevolezza dell'importanza della conoscenza scientifica, attraverso l'astronomia e rafforzare le comunità astronomiche dei paesi emergenti; incoraggiare la formazione scientifica, attraverso l'educazione permanente e presentare un'immagine aggiornata della scienza, per favorire i rapporti tra scienza e società; incoraggiare nuove reti scientifiche, didattiche e amatoriali, migliorare la rappresentatività delle donne nelle carriere scientifiche e tecnologiche e promuovere la salvaguardia del patrimonio culturale e naturale dei cieli oscuri e dei siti astronomici di interesse storico. Le istituzioni astronomiche bolognesi, che già svolgono un ruolo rilevante nella ricerca, nell'insegnamento universitario e nella diffusione della cultura scientifica, hanno deciso di contribuire a questo ANNO GALILEIANO, promuovendo BOASTRO2009 con iniziative particolarmente rivolte al coinvolgimento dei giovani e alla partecipazione delle scuole e del pubblico, con l'intento di favorire una diffu-



Due disegni della Luna, di mano di Galileo, dal *Sidereus Nuncijs*.



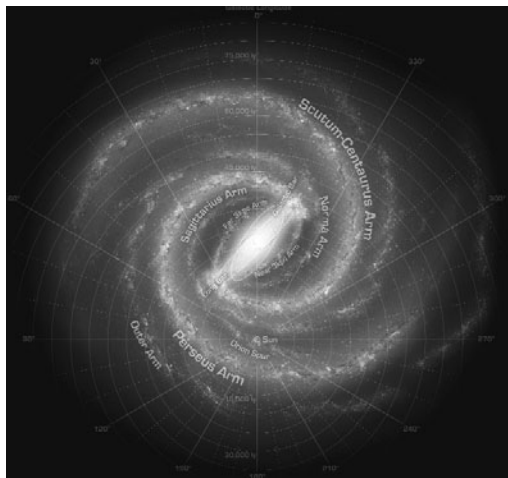
Le numerose "nuove stelle" osservate con il cannocchiale nelle Pleiadi, in una pagina del *Sidereus Nuncijs*.

fiche ci attendano, delle quali ancora non immaginiamo l'esistenza e la portata, ma certamente non potranno avvenire altro che seguendo la strada aperta da Galileo e dal suo metodo di indagine della natura, quel metodo secondo il quale «scienza è – come egli stesso scrive – il distinguere quello che si sa da quello che non si sa».

FABRIZIO BÒNOLI

Quattrocento anni fa Galileo Galilei, puntando il suo telescopio verso il cielo, avviò una straordinaria rivoluzione scientifica, una rivoluzione che ha avuto luogo a ritmo accelerato e che prosegue tuttora. Sulla Luna – di cui Galileo osservò crateri e montagne – si è posato quarant'anni fa il piede dell'uomo, mentre i pianeti sono divenuti oggetto di studio *in situ* da parte di sonde automatiche, le quali, nell'esplorazione del Sistema solare, hanno, ad esempio, inviato dati preziosi e immagini spettacolari dei quattro satelliti "galileiani" di Giove (Io, Europa, Ganimede, Callisto). La sonda *Cassini* è attualmente in orbita attorno a Saturno, dopo aver trasportato il modulo europeo *Huygens* che nel 2005 si è posato su Titano, la sua luna più grande, mentre in orbita attorno a Marte e sulla sua superficie operano diverse sonde americane ed europee, che hanno rivelato la presenza d'acqua e cercano eventuali tracce di vita.

Anche al di là del Sistema solare il progresso scientifico e tecnologico, di cui il metodo galileiano è uno dei pilastri portanti, ha ampliato enormemente i confini dell'Universo osservabile. A partire dal 1995 gli astronomi hanno potuto disporre di strumentazione sufficientemente sensibile per rivelare pianeti in orbita attorno ad altre stelle. Oggi se ne conoscono più di trecento, con un numero in continuo aumento, ed è certo che in un futuro non lontano se



La più recente ricostruzione della nostra Galassia, eseguita con osservazioni infrarosse. È indicata la posizione del nostro Sole in un piccolo braccio, detto *Orion spur*, lo "sperone di Orione". [R. HURT (SSC), JPL-Caltech, NASA, GUMPFSE]

ne scopriranno di simili alla Terra: si tratterà allora di capire se su alcuni di questi, come da noi, è nata la vita. Inoltre, fino al XIX secolo, le osservazioni astronomiche erano ristrette all'intervallo di onde elettromagnetiche percepibili dal nostro occhio (la "luce") e per le quali l'atmosfera terrestre è trasparente. Oggi abbiamo strumentazione sensibile a un vasto intervallo di lunghezze d'onda, da quelle radio e infrarosse a quelle X e gamma e, per superare l'ostacolo dell'atmosfera, inviamo telescopi e strumenti nello spazio. Possiamo qui menzionare soltanto alcuni fra i più importanti strumenti a partecipazione italiana: oltre naturalmente al *Telescopio Nazionale Galileo* alle Canarie, abbiamo i quattro telescopi con specchi da 8 metri di diametro che costituiscono il *Very Large Telescope* dell'*European Southern Observatory* in Cile e il *Large Binocular Telescope* (due specchi da 8 metri) in Arizona, mentre nello spazio orbitano il telescopio spaziale *Hubble*, i satelliti per osservazioni in banda X, *Newton* e *Chandra*, il telescopio nella banda infrarossa *Spitzer* e quello nella banda gamma *Integral*.

Infine, nel XX secolo, la nostra visione del cosmo è stata rivoluzionata da un lato dalla teoria della Relatività (Ristretta e Generale) di Einstein, dall'altro dalla Meccanica Quantistica; teorie che rappresentano l'estensione nei domini dell'infinitamente grande e dell'infinitamente piccolo delle leggi della fisica classica, di cui Galileo è uno dei fondatori. A tale proposito, ricordiamo che la seconda legge della dinamica fu formulata da Newton proprio tenendo conto del principio di relatività di Galileo (non compatibile con la meccanica aristotelica!) e che proprio tale principio, esteso ai fenomeni elettromagnetici, è alla base della rivoluzione einsteiniana.

Proprio grazie a questi sviluppi teorici gli astronomi hanno compreso che le stelle risplendono a causa delle reazioni nucleari che avvengono al loro interno e hanno potuto costruire modelli che descrivono la loro evoluzione. In un altro settore, quello dell'universo "invisibile", gli astronomi hanno scoperto oggetti sorprendenti, come le stelle di neutroni e i buchi neri. Inoltre, la cosmologia – ovvero lo

studio dell'universo nella sua globalità – è divenuta una branca dell'astrofisica.

Negli ultimi decenni, in effetti, è stata progressivamente svelata la complessa e sorprendente struttura dell'universo. Se al tempo di Galileo la Terra era considerata dai più al centro dell'universo e all'inizio del XX secolo si riteneva ancora che il Sole fosse al centro della Via Lattea e che la Via Lattea fosse un sistema stellare isolato nello spazio vuoto, nella seconda metà degli anni Venti l'astronomo americano Edwin Hubble ha dimostrato che l'universo è popolato da sistemi stellari paragonabili alla Via Lattea. Oggi sappiamo che la Via Lattea è un sistema stellare – la nostra Galassia – che rientra nella categoria delle galassie a spirale, con un disco stellare del diametro di circa 100.000 anni-luce (un anno-luce è la distanza percorsa dalla luce in un anno: dal momento che la luce viaggia nel vuoto a trecentomila chilometri al secondo, un anno-luce equivale a 10.000 miliardi di chilometri e la nostra Galassia ha dunque un diametro di un miliardo di miliardi di chilometri).

Assieme alla vicina grande galassia di Andromeda, situata a una distanza di due milioni e mezzo di anni-luce, e a una corte di galassie più piccole, alcune delle quali vengono attratte e inesorabilmente fagocitate dalle galassie più grandi, la Via Lattea è situata nel Gruppo Locale, che si trova in una struttura più grande, il Superammasso Locale, dominata dall'ammasso della Vergine, a una sessantina di milioni di anni-luce da noi (per ovvie ragioni ci asterremo dal convertire queste lunghezze in chilometri...). In generale le galassie sono distribuite nell'universo lungo strutture filamentari e planari, alle cui intersezioni si formano grandi ammassi e in mezzo alle quali si estendono vaste regioni vuote.

Una delle scoperte più sorprendenti dell'astronomia è stata quella dell'espansione dell'universo, divenuta evidente grazie a un altro lavoro dello stesso Hubble, pubblicato ottant'anni or sono, nel 1929. Nei decenni successivi e grazie ai diversi contributi di fisici ed astronomi ha preso forma la celebre teoria del *Big Bang*. Nel passato, a un istante che oggi sappiamo collocare a circa 13,8 miliardi di anni fa, l'universo si trovava in uno stato primordiale a densità e temperatura elevatissime. Durante i primi minuti ebbero luogo importanti reazioni nucleari che portarono alla formazione degli elementi più leggeri; queste reazioni cessarono quando, a causa dell'espansione, l'universo divenne troppo freddo. Gli elementi più pesanti, fra i quali quelli fondamentali alla vita come il carbonio, furono successivamente prodotti dalle stelle nel loro interno con le reazioni nucleari e diffusi nel mezzo circostante dalle *supernovae*, ovvero dall'esplosione delle stelle più massicce giunte all'esaurimento del loro combustibile nucleare. Trecentotantamila anni dopo il *Big Bang*, l'universo divenne "trasparente". Noi oggi possiamo osservare ciò che rimane della radiazione emessa a quell'epoca sotto forma di un segnale di fondo presente in ogni direzione del cielo, corrispondente a una temperatura inferiore ai tre gradi sopra lo zero assoluto (circa duecentosettanta gradi sotto lo zero della nostra comune scala di temperatura). Da una regione all'altra del cielo, però, ci sono delle piccole variazioni in questa temperatura, che corrispondono alle fluttuazioni di densità dalle quali hanno avuto origine le galassie. A loro volta, si ritiene che queste fluttuazioni derivino da fluttuazioni microscopiche dello spazio-tempo che furono amplificate da un'iniziale espansione esponenziale, detta "inflazione", di una piccola regione del vuoto primordiale...

Nonostante i formidabili progressi che hanno permesso agli astronomi di avere l'affascinante quadro generale del cosmo in evoluzione che abbiamo brevemente descritto, rimangono ancora molti problemi aperti, alcuni di natura fondamentale, la cui soluzione potrebbe condurre nel XXI secolo a una nuova rivoluzione scientifica. In particolare, diverse osservazioni concordano nell'indicare che la materia a noi nota è una componente quasi trascurabile dell'universo. Circa un quinto della densità dell'universo è costituito da una forma di "materia oscura", ancora non identificata, e i tre quarti della densità da una forma di "energia oscura" che sta facendo attualmente accelerare l'espansione. Nuove osservazioni da Terra e dallo spazio, nuovi esperimenti a Terra (con il *Large Hadron Collider* del CERN a Ginevra) e nuovi sviluppi teorici potranno forse darci una risposta nei prossimi anni.



Il disegno raffigura la sonda *Cassini* in avvicinamento al sistema di Saturno, dove, nel gennaio 2005, ha sganciato la navicella *Huygens* sul maggiore dei suoi satelliti, Titano. [NASA, ESA]

Più in generale, notiamo che, come in passato, il progresso astronomico dipenderà anche in futuro dalla disponibilità di strumentazione sempre più avanzata. Sono in fase di preparazione telescopi e strumenti di nuova generazione, dei quali dobbiamo limitarci a citare pochi importanti esempi: il telescopio spaziale *Hubble* sarà sostituito il prossimo decennio da un telescopio più grande, dal diametro di 6,5 metri, il *James Webb Space Telescope*; l'*European Space Agency* sta per lanciare il satellite *Planck* che misurerà la radiazione cosmica di fondo con una precisione mai raggiunta finora; entreranno progressivamente in funzione a terra grandi reti di radiotelescopi (*Low Frequency Array*, *Square Kilometer Array*, *Atacama Large Millimeter Array*) che permetteranno di osservare l'universo all'epoca

remota della formazione delle galassie; l'ESO realizzerà l'*Extremely Large Telescope*, con uno specchio da 42 metri di diametro.

Sottolineiamo che l'astronomia nazionale è oggi all'avanguardia e competitiva: i gruppi di ricerca italiani svolgono un ruolo di primo piano a livello internazionale, un ruolo che purtroppo sarà difficile da mantenere, se dovesse proseguire la miope politica dei sistematici tagli alla ricerca (di base e applicata) perseguita nel nostro Paese.

In conclusione, nessuno, neppure Galileo, avrebbe potuto immaginare 400 anni fa quanti sorprendenti segreti del cosmo sarebbero stati svelati, così come nessuno è in grado di dire quali sorprese ci riserva ancora il futuro dell'astronomia.

ALBERTO CAPPI E LUCA CIOTTI

DIPARTIMENTO DI ASTRONOMIA · UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

L'astronomia è argomento di studio nell'Università di Bologna da più di ottocento anni. L'astronomia moderna, ovvero l'astrofisica, disciplina sviluppata parallelamente alla fisica e alle nuove tecnologie per la rivelazione delle onde elettromagnetiche (luce visibile, radioonde, radiazione infrarossa, X e gamma) prende i suoi inizi negli anni Cinquanta. Le misure, tradizionalmente prese con strumenti da terra (luce visibile, radioonde) vengono successivamente fatte anche fuori dall'atmosfera, grazie ai satelliti artificiali. Si aprono, così, nuove finestre sull'universo, grazie alle radiazioni non rivelabili da terra perché assorbite dall'atmosfera (ultravioletto, infrarosso, X e gamma).

Anche a Bologna si sviluppano le nuove tecniche e le ricerche si espandono a tutte le lunghezze d'onda e a tutti i tipi di oggetti astronomici conosciuti. Il Dipartimento di Astronomia, oggi con sede in via Ranzani 1, ha la funzione sia di istruire gli studenti, impartendo corsi elementari e specialistici per addestrare nuovi ricercatori in astronomia, sia di creare le condizioni affinché i docenti possano condurre ricerche originali in astronomia.

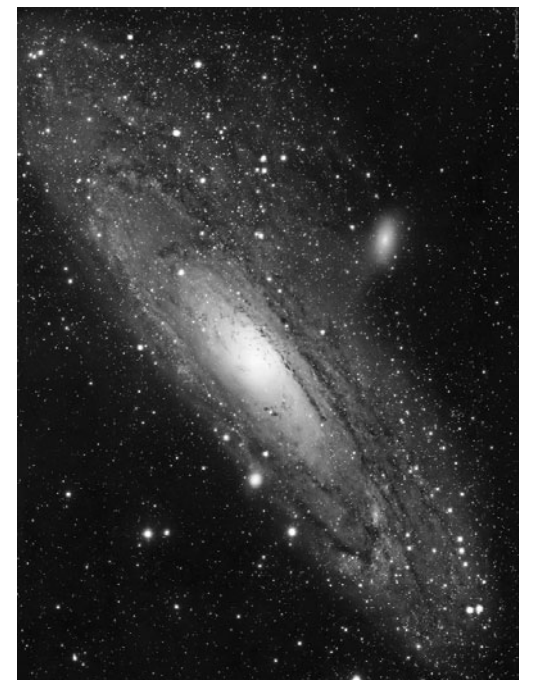
Il Dipartimento assolve la prima funzione fornendo corsi e lauree nelle due modalità previste dalla legge: Laurea in Astronomia (di durata triennale) e Laurea magistrale in Astrofisica e Cosmologia (di durata biennale). In seguito, è possibile candidarsi per borse di Dottorato di ricerca, assegnate a seguito di una prova di ammissione. Durante il Dottorato i candidati conducono, insieme ai docenti, ricerche originali per tre anni, pubblicano i risultati e scrivono una tesi in lingua inglese, discussa di fronte a una commissione scelta tra scienziati italiani e stranieri, esperti nel campo. Il titolo che si consegue è di Dottore di ricerca in Astronomia (all'estero noto come PhD, *Philosophia Doctor*). Mediamente, vengono conferiti 25-30 diplomi triennali, altrettanti di laurea magistrale e 6-8 dottorati ogni anno.

La seconda funzione è assolta quotidianamente da docenti e ricercatori, utilizzando sia le strutture locali, che telescopi internazionali, sia terrestri che spaziali. In particolare, l'Università di Bologna possiede tre telescopi: due ottici, ubicati nel comune di Loiano, sull'Appennino, con specchi rispettivamente da 60 e da 152 cm di diametro, e uno radio, la "Croce del Nord", ubicato nel comune di Medicina, nella pianura su cui si snoda la San Vitale. Questi strumenti, ottici e radio, sono attualmente

gestiti dall'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF). Le strutture internazionali fanno capo, in Europa, all'Osservatorio Europeo Australe (ESO), con gli uffici a Monaco di Baviera e i telescopi in Cile. Esiste, poi, un'ampia collaborazione scientifica con le agenzie spaziali, l'europea ESA e l'americana NASA, che permette a molti dei nostri ricercatori di partecipare alla progettazione e realizzazione di strumentazione astronomica per lo spazio o di ottenere dati da telescopi spaziali, dalla cui analisi si possono indagare fenomeni astrofisici in dettaglio, con l'intento di comprendere i meccanismi fisici che alimentano l'oggetto in esame.

Nel Dipartimento esistono tre livelli di ricercatori/docenti: sette Professori di prima fascia o Ordinari, sette Professori di seconda fascia o Associati e sette Ricercatori. In totale, essi producono tra 70 e 80 risultati scientifici all'anno che vengono pubblicati su riviste internazionali e un numero paragonabile di comunicazioni a conferenze e convegni internazionali alle quali partecipano.

Gli argomenti più trattati si possono così riassumere: STELLE: comprende formazione stellare, evoluzione delle stelle e del mezzo circostante, stadi finali dell'evoluzione stellare, ammassi di stelle.



La galassia nella costellazione di Andromeda, tre volte più grande della nostra, è da molti anni oggetto di studio degli astronomi bolognesi.

GALASSIE: intese come oggetti singoli, sia normali che a nucleo attivo (AGN), formazione delle galassie, dinamica della galassie, galassie in gruppi e in ammassi. La radiazione emessa dalle galassie viene studiata su tutto lo spettro elettromagnetico, dalle onde radio ai raggi gamma.

COSMOLOGIA: vale a dire lo studio della materia dell'universo su grandissima scala e della nascita ed evoluzione dell'universo. I maggiori interessi coprono l'analisi della radiazione fossile che si difonde dal Big Bang ad oggi, la distribuzione delle galassie e lo studio della "tappetiera cosmica".

Oltre ai docenti, fa naturalmente parte del Dipartimento di Astronomia anche personale tecnico e amministrativo, per la gestione e amministrazione delle cose correnti.

Proprio perché l'astronomia bolognese ha origini che risalgono a circa un millennio fa, il Dipartimento comprende anche una parte storica di tutto rispetto, il "Museo della Specola", che raccoglie strumenti antichi e la cui sede è nella torre astronomica dell'antico palazzo dell'Istituto delle Scienze, in via Zamboni 33, oggi sede centrale dell'Ateneo bolognese. Ogni anno e per un totale di circa 300 giorni, quasi 15.000 persone visitano il museo, in visite guidate a orari prestabiliti e an-



Il quadrante inglese di Sisson, della prima metà del Settecento, esposto nella Sala Meridiana del Museo della Specola.

che su prenotazione (www.sma.unibo.it/specola/index.html).

Altri "tesori" del Dipartimento sono l'archivio storico, con documenti sull'attività degli astronomi che risalgono alla fine del Seicento, e il patrimonio librario, con circa 2500 volumi "antichi" a partire

dalla fine del Quattrocento, cui si aggiungono 15.000 volumi di astronomia "moderna". Oltre 1000 riviste specifiche del settore sono disponibili in forma cartacea e più di 50 sono anche a disposizione via rete informatica. La biblioteca "Guido Horn d'Arturo" – intestata al direttore dell'istituzione astronomica universitaria nella prima metà del Novecento – è anche attrezzata per letture di documenti in microfilm e CD e fornisce servizi secondo le regole del prestito bibliotecario (www.bo.astro.it/~biblio/home.htm). Su tutto questo materiale vengono svolte ricerche astronomiche su dati recenti, ma anche su libri, manoscritti e documenti d'archivio a scopo storico.

Come le altre strutture astronomiche locali e in collaborazione con esse, anche il personale del Dipartimento svolge una vasta attività di diffusione della cultura astronomica, con conferenze e seminari al pubblico, alle scuole e a studenti selezionati o con corsi di aggiornamento agli insegnanti e, nel caso di particolari eventi astronomici, con manifestazioni pubbliche, secondo diverse modalità che variano in funzione delle disponibilità finanziarie.

GIORGIO G. C. PALUMBO

Direttore Dipartimento di Astronomia

OSSERVATORIO ASTRONOMIC DI BOLOGNA (OAB) · INAF

L'attività scientifica dell'Osservatorio Astronomico di Bologna (OAB), ampiamente riconosciuta a livello nazionale e internazionale, è descritta dettagliatamente nei *Rapporti Annuali* (anche online: www.bo.astro.it). In totale OAB ha circa 60 dipendenti a tempo indeterminato (35 ricercatori e 25 tecnici e amministrativi) e 20 fra dottorandi, borsisti, contrattisti, collaboratori a vario titolo.

L'aspetto che caratterizza scientificamente l'OAB e che lo rende abbastanza peculiare e rilevante in Italia è quello di avere non solo un approccio "multifrequenza" (osservazioni in banda gamma, X, ottico, infrarosso e radio), ma anche un forte collegamento osservativo e teorico tra gli scenari cosmologici e la formazione e l'evoluzione delle galassie e delle popolazioni stellari. Non a caso, numerosi componenti di OAB vengono chiamati a far parte di molti grandi progetti internazionali e a collaborare con gruppi leader negli specifici argomenti scientifici. Questa forte "scuola" ha portato i ricercatori di OAB

smiche, delle galassie e dei nuclei galattici attivi (AGN), alle varie epoche cosmologiche e nelle varie bande, cercando di cogliere le relazioni tra i diversi oggetti per creare un quadro interpretativo complessivo e coerente. La conoscenza dell'evoluzione delle strutture cosmiche, su un periodo di tempo di circa il 90% dell'età dell'universo, viene confrontata con il modello standard cosmologico, per poterlo validare o confutare, e l'intero procedimento costituisce quindi un grande progetto di ricerca che coinvolge contemporaneamente conoscenze tecnologiche, osservative, informatiche e teoriche.

STRUTTURA ED EVOLUZIONE DELLE STELLE, DELLE GALASSIE E DEI SISTEMI STELLARI: lo studio dettagliato dell'evoluzione delle galassie, da un punto di vista stellare, è sviluppato a livelli d'eccellenza all'OAB attraverso un approccio multibanda (X, ultravioletto, ottico, infrarosso, radio) che accoppia lo studio delle stelle, delle galassie e delle popolazioni stellari, da un punto di vista osservativo, alla costruzione di modelli interpretativi teorici. La dinamica nelle galassie vicine viene tracciata dalla distribuzione dell'idrogeno neutro, mentre, nel caso della Via Lattea e della vicina galassia di Andromeda, dalla dinamica stellare e da quella degli ammassi globulari (satelliti delle galassie maggiori contenenti fino a qualche milione di stelle). Una dettagliata definizione della dinamica delle galassie permette di ottenere vincoli importanti sulla quantità e la possibile natura della "materia oscura" presente. In particolare, lo studio della storia della crescita gerarchica della nostra Galassia è basato sull'analisi fotometrica e spettroscopica (e quindi chimica) delle stelle, della formazione stellare e della dinamica di "reliqui fossili" delle catture e degli accrescimenti subiti, individuabili come popolazioni stellari dinamicamente distinte.

Lo studio della storia di formazione stellare delle galassie vicine (in particolare la galassia di Andromeda e quelle del Gruppo Locale) è ora possibile con un approccio "stellare" (cioè studiando le proprietà delle singole stelle e delle popolazioni stellari), per cui la tradizione dell'OAB è consolidata da molti anni, essendosi sviluppata nel tempo una vera e propria scuola. Si può così ricostruire una storia chimica ed evolutiva di tali galassie, da confrontarsi con la predizione della nucleosintesi primordiale, fortemente dipendente dalla fisica fondamentale. Inoltre, si prosegue con notevoli risultati anche il lavoro legato allo studio e ottimizzazione della scala delle distanze, tramite, in particolare, lo studio delle



La cupola del telescopio "G.D. Cassini" da 152 cm. In primo piano, sulla sinistra, la grande sfera da 2 m di diametro che simboleggia il Sole e segna l'inizio del percorso didattico che illustra il Sistema solare in scala.

stelle variabili nella Galassia e anche nelle altre galassie del Gruppo Locale e oltre. Tale approccio è complementare alle *survey* cosmologiche per la definizione dello scenario dell'evoluzione dell'universo. Mentre le prime "fotografano" l'evoluzione delle galassie su un lasso di tempo molto grande, ma con risoluzione bassa, il lavoro "paleontologico" sui relitti delle interazioni con altri sistemi (galassie più piccole satelliti, grandi nubi di gas etc.) e della storia di formazione stellare permette di acquisire informazioni complementari con una risoluzione impossibile per le *survey*.

IDRODINAMICA E CALCOLO NUMERICO: parallelamente alle ricerche osservative e teoriche descritte, si è sviluppata anche una componente di ricerca sempre più attiva nello studio di modelli idrodinamici e nella costruzione e ottimizzazione di codici numerici a più dimensioni. Tali codici sono applicati sia allo studio di oggetti stellari, in particolare *supernovae*, sia a quello della formazione ed evoluzione delle galassie e delle strutture primordiali. Lo sviluppo di tali esperienze aggiunge ulteriore completezza al quadro generale dell'attività di ricerca.

STRUMENTI E TECNOLOGIA: OAB gestisce la Stazione osservativa di Loiano (di proprietà dell'Università di Bologna) composta da:

- telescopio "G.D. Cassini" da 152 cm, accessorizzato con BFOSC+EEV e fotometro bicanale per fotometria rapida;
- telescopio Zeiss da 60 cm con camera CCD in presa diretta a uso didattico e divulgativo;
- percorso divulgativo-didattico (Parco delle Stelle);
- palazzina a uso foresteria e custodia con 23 ettari di bosco.

Il telescopio "Cassini" è regolarmente impegnato per le osservazioni scientifiche per circa 350 notti l'anno, su base di *application* semestrali (gennaio e luglio). Il numero medio di programmi scientifici e didattici approvati oscilla fra 35 e 40 all'anno, con ricercatori provenienti da sedi italiane ed estere.

Il telescopio da 60 cm è prevalentemente rivolto ad attività di supporto alla didattica e alla divulgazione (oltre 50 notti di apertura all'anno su prenotazione, con oltre 3000 visitatori), ma è dotato di una camera CCD con sistema di filtri e può svolgere un eccellente lavoro di supporto anche di tipo scientifico.

Sebbene lo sviluppo della strumentazione non sia stato per parecchio tempo un obiettivo centrale per OAB – il personale è stato molto più impegnato a usare le grandi *facility* nazionali e internazionali, piuttosto che a costruire in proprio strumentazione (a parte mantenere ad alto livello la funzionalità e l'uso regolare e continuo dei telescopi di Loiano) – negli ultimi anni è stato prodotto un notevole sforzo per inserirsi in modo proficuo e incisivo in vari progetti tecnologici nazionali e internazionali di grande rilevanza e prospettiva. Per citare alcuni esempi, c'è stata e tuttora continua una forte partecipazione ai progetti dell'*European Southern Observatory* (ESO) per i 4 grandi telescopi da 8 metri di diametro che costituiscono il *Very Large Telescope* (VLT) e per il futuro *European Extremely Large Telescope* (EELT, da 42 metri) collocati in Cile, per il *Large Binocular Telescope* (LBT, due specchi da 8,4 metri collocati su una unica montatura binoculare) collocato in Arizona, al *Telescopio Nazionale Galileo* (TNG, da 3,5 metri) collocato nelle Isole Canarie e, infine, all'attività legata alla cosiddetta "ottica adattiva". OAB è direttamente coinvolto anche nel settore tecnologico di alcuni progetti spaziali. Fra gli altri, partecipa in modo impegnativo e rilevante al progetto spaziale GAIA che effettuerà una fondamentale *survey* astrometrica (misurazione di posizioni e distanze), cruciale per porre su basi molto più solide gran parte delle nostre conoscenze sulla Galassia e sull'intero universo.

ATTIVITÀ DIVULGATIVE E DIDATTICHE: oltre alla consueta e istituzionale attività di ricerca, OAB conduce da vari anni, in stretta collaborazione con il Dipartimento di Astronomia, un programma di didattica e divulgazione nella provincia di Bologna, esteso spesso alla regione e anche fuori di essa. In questo contesto sono state attivate numerose iniziative in collaborazione con varie istituzioni e con le amministrazioni locali (vedi www.bo.astro.it/universo/outreach/). Queste attività hanno l'obiettivo di far conoscere, con linguaggi e metodi mirati al pubblico cui si vuole rivolgere, gli elementi fondamentali dell'astronomia e astrofisica: conoscenza dei fenomeni naturali, sviluppo tecnologico, natura del mondo fisico fuori dell'ambiente terrestre.

Oltre a eventi unici, come ad esempio "Sputnik50", il convegno e l'evento serale dedicati al ricordo del lancio del primo satellite, vengono regolarmente organizzate manifestazioni pubbliche (serate in giardini e piazze con un "laser" utilizzato come potente dito indicatore in cielo), conferenze, convegni, visite ai telescopi (aperture programmate in tutto il periodo estivo), collaborazioni con le scuole di ogni ordine e grado e con gli astrofili. Nel complesso, si può stimare che varie migliaia di persone (da 10.000 a 15.000) partecipino ogni anno a questa programmazione che ha sempre maggiore successo, grazie anche al grande impatto che l'astronomia ha sull'opinione pubblica.

FLAVIO FUSI PECCI

Direttore Osservatorio Astronomico



Veduta aerea del Monte Orzale con la Stazione Osservativa di Loiano. Al centro, la cupola del 60 cm; a destra, in alto, la cupola del 152 cm; sulla sinistra, la palazzina. Il "Parco delle stelle", per studenti e visitatori, si estende nel bosco tra le cupole.

tra i maggiori utenti italiani dei grandi telescopi e delle maggiori missioni dallo spazio. Vi è inoltre un ampio coinvolgimento anche nella definizione delle priorità scientifiche e tecniche degli strumenti nazionali e internazionali in via di attivazione e progettazione e delle future missioni spaziali.

Riportiamo qui una sintetica descrizione dei principali filoni di ricerca, tra i quali esiste un alto grado di collegamento e interazione.

GRANDI SURVEY COSMOLOGICHE: molto importante è la partecipazione del personale di OAB alle *Legacy Surveys*, progetti coordinati a livello internazionale e indetti da vari istituti per l'osservazione approfondita di vaste aree di cielo, per produrre grandi archivi di dati da rendere disponibili alla comunità scientifica mondiale. Tipico esempio è il progetto COSMOS, che prevede di condurre sullo stesso campo diverse *survey* nelle varie lunghezze d'onda – radio, infrarosso, ottica e banda X – e nel quale la componente bolognese occupa un ruolo primario, grazie all'esperienza acquisita dai ricercatori di OAB nella conduzione di importanti progetti già conclusi o in esecuzione. Questi progetti mirano essenzialmente allo studio dell'evoluzione delle strutture co-

ISTITUTO DI ASTROFISICA SPAZIALE E FISICA COSMICA DI BOLOGNA (IASFBO) · INAF

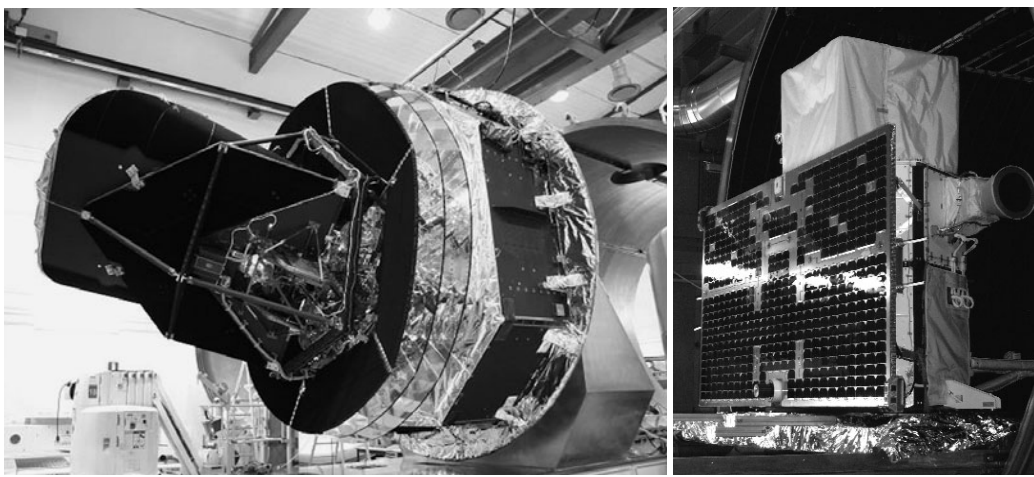
L'Istituto è stato fondato nel dicembre 1969 dalla fusione dei gruppi di Ricerca Spaziale e Raggi Cosmici dell'Università di Bologna, come Istituto TESRE del CNR. Nel 2002 TESRE è stato rinominato IASFBO e dall'inizio del 2005 fa parte dell'INAF.

L'attività scientifica è centrata su tematiche di ricerca spaziale e tecnologica, soprattutto nel settore dell'astrofisica delle alte energie, millimetriche, microonde e cosmologia. In questo quadro, le principali attività consistono nella partecipazione a missioni

spaziali dalle loro prime fasi di progettazione e definizione dei requisiti scientifici, fino allo sviluppo e alla sperimentazione delle ottiche, dei rivelatori, dell'elettronica e del software. Completa il processo l'analisi dei dati e lo sfruttamento scientifico dei risultati delle missioni. Altri contributi alle attività scientifiche di IASFBO comprendono studi multifrequenza (dai raggi gamma alle frequenze radio) di sorgenti celesti di alta energia, con osservazioni da terra e dallo spazio. Anche la ricerca e lo sviluppo di

nuovi rivelatori, sistemi ottici e le possibili applicazioni tecnologiche sono parte integrante delle attività dell'Istituto. Le missioni di astrofisica spaziale cui l'Istituto ha contribuito (ad esempio: BeppoSAX, ISO e HETE-2) e quelle cui sta attualmente contribuendo (XMM-Newton, AGILE, INTEGRAL e PLANCK) sono tra le più importanti della comunità internazionale.

L'Istituto è leader a livello internazionale nel campo dell'astronomia X, gamma e cosmologia della



A sinistra, il satellite PLANCK dell'Agencia Spaziale Europea (ESA). A destra, il satellite AGILE dell'Agencia Spaziale Italiana (ASI)

radiazione di fondo cosmico a microonde. Come naturale esito della sua attività, IASFBO ha acquisito una matura esperienza anche nel campo della gestione e del controllo di missioni spaziali complesse. All'interno del piano a lungo termine *Cosmic Vision*, dell'Agencia Spaziale Europea, l'Istituto è fortemente coinvolto nelle missioni IXO e EUCLID, recentemente selezionate, e, a livello bilaterale italo-francese ASI-CNES, riveste responsabilità di alto livello nella missione per astronomia X SIMBOL-X, attualmente in corso di avanzato sviluppo. Inoltre, l'Istituto è responsabile del Servizio di Innovazione Tecnologica (SIT) dell'INAF e contribuisce così, in questo importante ruolo, allo sviluppo industriale per il Paese. Presso l'Istituto esiste la disponibilità di attrezzature e spazi comuni per i test e la qualifica di sistemi per voli da pallone stratosferico e da satellite, come la grande camera termo-vuoto (cilindro con 2 m di diametro di base e 2 m di profondità), la camera pulita di classe 10000, la facility di calibrazione X a fascio collimato, con energia selezionabile tra 20 e 200 keV.

L'Istituto ha un personale di circa 100 unità, che comprende personale di ricerca, ingegneri, tecnici e informatici e personale amministrativo e accoglie anche numerosi giovani in formazione (laureandi, dottorandi, borsisti). L'IASFBO conduce un'attività significativa di *education* e *public outreach*, legata principalmente alle proprie attività scientifiche istituzionali, quali astrofisica spaziale, cosmologia e strumentazione spaziale. Ciò viene svolto sia attraverso conferenze pubbliche e attività per le scuole, sia mediante l'utilizzo di piattaforme multimediali di comunicazione.

Ricordiamo qui sinteticamente le principali missioni scientifiche e l'attività di ricerca.

PLANCK: è una missione dell'ESA, iniziata in IASFBO nel 1992, il cui obiettivo primario è la produzione di mappe ad alta risoluzione delle anisotropie della *Cosmic Microwave Background* in temperatura e polarizzazione, nell'intervallo di frequenze da 30 a 857 GHz, con una precisione limitata solo da fattori astrofisici intrinseci. Ciò consentirà di analizzare in modo approfondito l'universo primordiale nei primi istanti dopo il Big Bang e, quindi, di aprire nuove prospettive nella fisica fondamentale. Non meno importante sarà l'impatto atteso in astrofisica di quella che sarà la prima *survey* del cielo in 9 bande di frequenza a microonde con una risoluzione spaziale fino a 5 primi d'arco. Il Consorzio internazionale (circa 350 ricercatori da 92 istituti di ricerca e università di 10 nazioni) per la realizzazione del *Low Frequency Instrument* è guidato da N. Mandolesi e

dal Gruppo di Cosmologia dell'Istituto. L'Agencia Spaziale Italiana (ASI) e l'INAF sono i principali enti finanziatori. Il lancio del satellite è previsto per la primavera 2009 con un razzo *Ariane 5* dalla base di Kourou nella Guiana Francese.

INTEGRAL: è un osservatorio dell'Agencia Spaziale Europea, lanciato il 17 ottobre 2002, la cui fase operativa è attualmente approvata sino al 2012. INTEGRAL studia l'astrofisica "violenta", attraverso l'osservazione di raggi X e gamma emessi dagli oggetti celesti più estremi, quali buchi neri, *supernovae*, stelle di neutroni e nuclei galattici attivi. Nella missione INTEGRAL, l'Istituto ha avuto la responsabilità dello sviluppo del piano di rivelazione ad alta energia, IBIS/PICSI. Tra i più importanti risultati scientifici ottenuti da ricercatori dello IASFBO, si possono citare la *survey* ad alte energie più profonda mai realizzata e la recente osservazione di radiazione polarizzata ad alta energia proveniente dalla Nebulosa del Granchio. **AGILE:** è un satellite dell'ASI per l'osservazione del cielo in raggi gamma, lanciato con successo il 23 aprile 2007. Il carico scientifico di AGILE è composto da tre rivelatori più un sistema di anticoincidenza. L'Istituto ha realizzato il "Mini Calorimetro", uno degli strumenti di bordo che, insieme con il *Silicon Tracker*, contribuisce a determinare l'energia dei fotoni gamma.

ASTROFISICA OSSERVATIVA E TEORICA: lo studio dei "lampi di raggi gamma" (*gamma-ray bursts* - GRB) è uno degli argomenti più dibattuti dell'astrofisica moderna. Il gruppo di ricerca dello IASFBO che lavora in questo campo ha avuto un ruolo di primaria importanza, fin dalle scoperte che hanno rivoluzionato lo studio dei GRB alla fine degli anni Novanta. Questo sia ad alta energia (ad esempio, la scoperta del transiente X associato al GRB, visto con BeppoSAX), sia nelle bande ottiche e infrarosse (NIR) (ad esempio, la scoperta dei transienti ottici/NIR e delle galassie ospiti).

Lo studio dei nuclei galattici attivi e degli oggetti compatti di massa stellare, ad alta energia e in multi-frequenza, viene svolto da ricercatori dello IASFBO mediante l'analisi e l'interpretazione dei dati osservativi, provenienti sia da archivi di missioni spaziali, che da telescopi attualmente in orbita (ad esempio Fermi/GLAST, XMM-Newton, CHANDRA, SWIFT). In questo campo, i ricercatori rivestono posizioni di assoluto rilievo internazionale, avendo conseguito numerosi e importanti nuovi risultati sulla fisica e la struttura morfologica di questo tipo di sorgenti cosmiche.

NAZARENO MANDOLESI

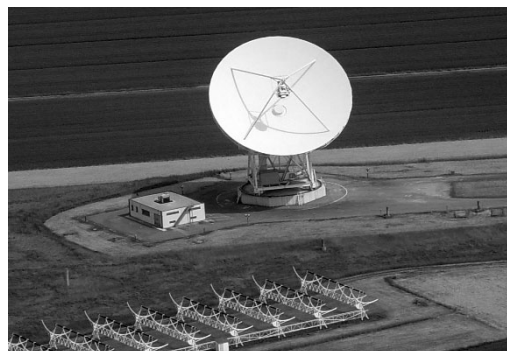
Direttore Istituto di astrofisica spaziale e fisica cosmica di Bologna

ISTITUTO DI RADIOASTRONOMIA (IRA) · INAF

L'Istituto di Radioastronomia (IRA) è nato come Istituto del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) nel 1970, dal pre-esistente laboratorio universitario, formato da ricercatori, ingegneri e tecnici che avevano progettato e costruito il radio telescopio "Croce del Nord" sotto la guida del prof. Marcello Ceccarelli, considerato il padre della radioastronomia italiana. Dal 2005, l'IRA fa parte dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF).

L'IRA ha un personale di circa 100 unità che include personale di ricerca, ingegneri elettronici e meccanici, specialisti informatici e personale tecnico e di amministrazione. La sede principale dell'Istituto è a Bologna presso l'Area di Ricerca del CNR. Esso gestisce direttamente la stazione radioastronomica a Medicina (BO). Altre sezioni dell'IRA si trovano a Firenze e a Noto (SR) e alcune unità di personale sono assegnate presso

l'Osservatorio Astronomico di Cagliari. L'IRA gestisce tre radiotelescopi per l'uso da parte della comunità scientifica nazionale e internazionale: la "Croce del Nord" e un'antenna da 32 metri di diametro si trovano a Medicina (BO), men-



I due radiotelescopi dell'Istituto di Radioastronomia a Medicina (Bologna).

tre la terza antenna, sempre da 32 metri di diametro, si trova a Noto (SR). Una nuova parabola da 64 m di diametro è in costruzione vicino Cagliari, in collaborazione con l'Osservatorio di Cagliari e l'Osservatorio di Arcetri. Il radiotelescopio della Sardegna (SRT) sarà il terzo e più importante nodo della rete italiana.

ATTIVITÀ DI RICERCA: l'attività scientifica principale dell'Istituto di Radioastronomia si focalizza sull'astrofisica extragalattica, per individuare e comprendere l'origine dell'emissione radio e l'evoluzione cosmologica delle radiosorgenti. Un contributo notevole proviene inoltre dall'astrofisica stellare e del mezzo interstellare.

La parabola da 32 metri di Medicina è impiegata, insieme a quella di Noto, sia per osservazioni interferometriche che come antenna singola: in ambito interferometrico le antenne lavorano, secondo la tecnica VLBI (*Very Long Baseline Interferometry*), in contemporanea con altre antenne, collocate in diversi paesi europei ed extraeuropei, allo scopo di produrre immagini ad altissima risoluzione, che permettono analisi molto dettagliate delle sorgenti radio. Un'altra applicazione delle osservazioni astronomiche interferometriche è nell'ambito della geodesia. Le tecniche VLBI consentono, infatti, di misurare le distanze tra le varie antenne con una precisione millimetrica. Si possono, quindi, studiare i moti della crosta terrestre, con un livello di precisione non raggiungibile da altre tecniche.

L'IRA sviluppa, inoltre, lo stato dell'arte dell'elettronica, di sistemi tecnologici avanzati e del software per la realizzazione, manutenzione e sviluppo dei radiotelescopi distribuiti nel territorio nazionale. Presso l'Istituto, è operativo un centro informatico, specializzato in tecniche di visualizzazione di immagini, che costituisce un

zione Radioastronomica. Gli oltre 400 metri quadri di esposizione ospitano una mostra permanente, corredata di posizioni multimediali, esperienze interattive e apparati scientifici provenienti dai radiotelescopi. L'insieme delle installazioni è pensato per un pubblico eterogeneo e si propone di illustrare in modo efficace e divertente i fondamenti dell'astronomia e delle tecniche di osservazione in banda radio. Il Centro dispone, inoltre, di una sala multimediale con 98 posti, dotata di un impianto audio/video con 3 maxi-schermi per presentazioni e filmati. Le visite per le scuole e per i gruppi sono su prenotazione. Ogni domenica pomeriggio, il pubblico può visitare autonomamente la mostra o usufruire delle visite guidate, che includono la visita ai radiotelescopi. Presso il Centro Visite sono periodicamente organizzati eventi rivolti al pubblico, e il personale IRA partecipa anche a eventi esterni, organizzati in collaborazione con le amministrazioni locali e con gli altri enti di ricerca in astrofisica presenti a Bologna.

Le scolaresche e gli insegnanti in visita presso il Centro Visite "Marcello Ceccarelli" sono seguiti anche in fase di preparazione della visita guidata e nella fase successiva, per lo sviluppo di moduli didattici sulla radioastronomia e l'astrofisica. *KidsLink* è stato il primo progetto che ha dato la possibilità alle scuole bolognesi di accedere alle reti telematiche (kidslink.bo.cnr.it). È nato come frutto della collaborazione tra tecnici dell'Istituto di Radioastronomia, un gruppo di insegnanti e il Comune di Bologna. *ScuoLan* è un progetto per la realizzazione e lo sviluppo di reti e server in tecnologia *open source* per le scuole (www.scuolan.it).

LUIGINA FERETTI

Direttore Istituto di radioastronomia



Il Centro Visite "Marcello Ceccarelli" dell'IRA a Medicina.

punto di riferimento per l'intera Area di Ricerca del CNR di Bologna. Per conto dell'Istituto Nazionale di Astrofisica, l'IRA ospita a Bologna il Centro di Elaborazione Dati e Contabilità (CED), operativo dal 2005, che fornisce supporto amministrativo, informatico e tecnico a tutte le strutture dell'INAF.

Il ruolo dell'IRA è riconosciuto a livello internazionale e l'Istituto è il maggior interlocutore per la ricerca radioastronomica in Italia. I radiotelescopi gestiti dall'IRA fanno parte della rete europea di interferometria radio (EVN), nell'ambito della quale i radiotelescopi distribuiti sul territorio europeo e alcuni al di fuori dell'Europa svolgono osservazioni congiunte che permettono di ottenere risoluzioni pari a quella di un'antenna di dimensioni continentali. Inoltre, l'Istituto è anche membro del servizio Internazionale di VLBI per la Geodesia e Astronomia (IVS).

L'IRA è coinvolta nella realizzazione di molti progetti astronomici futuri, in collaborazione con Enti di ricerca in tutto il mondo, ed è un partner importante nei Programmi Quadro finanziati dalla Comunità Europea in progetti per la ricerca radioastronomica a livello internazionale. Le interazioni dell'Istituto con le Università italiane sono forti in tutte le sedi in cui l'IRA ha una sezione o un gruppo di ricercatori. Il personale IRA e i suoi associati tengono diversi corsi universitari, assegnano tesi di laurea e di dottorato di ricerca.

OUTREACH E ATTIVITÀ CON LE SCUOLE: l'Istituto di Radioastronomia dell'INAF ha allestito il Centro Visite "Marcello Ceccarelli", presso l'agriturismo Aia Cavicchio, in prossimità dei radiotelescopi di Medicina, per accogliere il crescente flusso di scolaresche e pubblico in visita alla Sta-

PROMOTORI

Dipartimento di Astronomia, Università di Bologna
INAF · Osservatorio Astronomico di Bologna
INAF · Istituto di Radioastronomia
INAF · Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica di Bologna

CON IL CONTRIBUTO DI

Fondazione Cassa di Risparmio in Bologna
Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF)
Università di Bologna
National Aeronautics Space Administration (NASA)
European Space Agency (ESA)
Agencia Spaziale Italiana (ASI)
Fondazione "Marino Golinelli"
Comune di Loiano
Comune di Medicina

CON IL PATROCINIO DI

International Year of Astronomy 2009
Istituto Nazionale di Astrofisica
Società Astronomica Italiana
Università di Bologna
Comune di Bologna
Provincia di Bologna
Regione Emilia-Romagna

CON LA COLLABORAZIONE DI

Cineteca di Bologna
Aula didattica Museo della Specola
Associazione Astrofili Bolognesi
Unibocultura
Museo del Cielo e della Terra · S. Giovanni in Persiceto (Bo)
Associazione per l'Insegnamento della Fisica
Associazione culturale "Archivio Zeta"
Associazione "Sofos" per la divulgazione delle scienze