



THE VISION OF INAF

La ricerca astronomica nel contesto europeo e mondiale

PREMESSA

Lo scopo principe della ricerca condotta dall'INAF è di rispondere alle domande: Quali sono l'origine, la natura e la diversità dell'Universo in cui viviamo? Qual'è la natura della materia oscura e dell'energia oscura? Come si sono formate galassie, stelle, buchi neri e pianeti? Come si è formato e come evolve il nostro Sistema Solare? È possibile che le condizioni che hanno portato all'emergere e all'evoluzione della vita sulla Terra possano realizzarsi in altri sistemi planetari?

Questa è una formulazione moderna di domande profonde che risuonano attraverso tutta la storia dell'Umanità, e che tuttora sono profondamente sentite dall'intera società. Con il passare dei secoli l'astronomia si è evoluta da una disciplina matematico/filosofica, o addirittura esoterica, ad una moderna scienza di frontiera che sfrutta il cosmo come un immenso laboratorio naturale per studiare fenomeni di fisica fondamentale inaccessibili agli esperimenti terrestri. L'astronomia è inoltre una scienza che si presta assai bene ad essere divulgata e svolge un'importante funzione culturale e di indirizzo delle nuove generazioni verso la scienza.

Per condurre in modo competitivo la ricerca astrofisica, l'INAF deve necessariamente partecipare ai principali progetti internazionali in corso ed in via di definizione, sviluppando nuove tecnologie, strumentazione di punta e grandi infrastrutture osservative, sia a livello nazionale che in ambito internazionale, e individuando di volta in volta i programmi più vantaggiosi sia in termini di prospettive scientifiche che di benefici per il Paese. Ciò implica uno stretto rapporto con il tessuto industriale italiano; un alto livello di sinergia, reciprocamente remunerativa, con le attività produttive nazionali è indubbiamente riconosciuta da anni nella progettazione e realizzazione sia dei telescopi terrestri sia delle attività spaziali, di concerto con l'Agenzia Spaziale Italiana.

La partecipazione dell'INAF alla progettazione e realizzazione delle grandi infrastrutture di osservazione da terra sia Italiane che internazionali (in particolare in collaborazione con lo European Southern Observatory) hanno assicurato un forte ritorno di commesse all'industria nazionale. Allo stesso modo, lo sviluppo di tecnologie per osservatori e missioni spaziali ha assicurato e continua ad assicurare un notevole ritorno di commesse industriali in ambito aerospaziale, soprattutto grazie alle missioni nazionali (ASI) e internazionali (ESA e NASA) per l'astronomia e l'esplorazione planetaria.

Ciò ha permesso lo sviluppo di competenze che rendono l'industria nazionale molto competitiva per la realizzazione delle grandi infrastrutture astronomiche del futuro, ma anche per altre applicazioni tecnologiche avanzate e *spin-off* industriali.



INDICE

Missione dell'INAF	4
Obiettivi strategici dell'INAF	4
Lo sviluppo dell'astrofisica	4
Ricerca pura, tecnologia, ricadute industriali	6
Le Principali Sfide Astronomiche nei prossimi dieci anni	7
Geometria e Natura dell'Universo	8
Formazione ed evoluzione delle galassie e delle strutture cosmiche	8
Storia della Galassia e delle galassie vicine	7
Nascita delle stelle nell'Universo vicino e lontano	8
Il ciclo di vita delle stelle e delle popolazioni stellari	8
Fisica solare, interplanetaria e magnetosferica	8
Il sistema solare	9
La ricerca di pianeti extra-solari e di vita extra-terrestre	9
L'Universo violento: buchi neri, lampi gamma e raggi cosmici	9
Il Piano Strategico dell'Astronomia Europea	9
La Roadmap di Astronet per le Infrastrutture Astronomiche Europee	11
La Roadmap Italiana	13
L'Astronomia Italiana nel contesto Europeo e Mondiale	14
Metriche della produzione ed impatto della ricerca italiana	15
Partecipazione Italiana a Progetti e a Organizzazioni Internazionali	15
Grandi Infrastrutture da Terra	15
Missioni Spaziali	16
Infrastrutture Astronomiche sul Territorio Nazionale	18
Innovazione e Ricerca Tecnologica in INAF	18
Collaborazioni INAF con l'Università e altri Enti di Ricerca	20
Disseminazione delle Conoscenze e delle Scoperte Astronomiche	20
Considerazioni conclusive	21
Riferimenti Bibliografici	22
Appendice: Lista delle Abbreviazioni	23

Missione dell'INAF

Dallo Statuto dell'INAF (Art. 2):

"L'INAF ha il compito di svolgere, promuovere e valorizzare la ricerca scientifica e tecnologica nei campi dell'astronomia e dell'astrofisica e di diffonderne e divulgarne i relativi risultati, di promuovere e favorire il trasferimento tecnologico verso l'industria, perseguendo obiettivi di eccellenza a livello internazionale."

Obiettivi strategici dell'INAF

- Promuovere e coordinare la ricerca scientifica italiana nel campo dell'astrofisica perseguendo risultati di eccellenza a livello internazionale.
- Provvedere ai propri ricercatori le necessarie infrastrutture osservative (telescopi a terra e satelliti) operanti in tutte le bande dello spettro elettromagnetico, o facilitare il loro accesso a quelle internazionali. Provvedere ai propri ricercatori le risorse necessarie a condurre le loro ricerche, quali le infrastrutture di calcolo, l'accesso alla documentazione scientifica, la mobilità nazionale e internazionale necessaria all'instaurazione e al mantenimento delle collaborazioni a progetti e programmi nazionali e internazionali, nonché alla disseminazione dei risultati scientifici delle ricerche.
- Concorrere di concerto con le organizzazioni internazionali operanti nel campo dell'astrofisica a definire gli obiettivi strategici della moderna ricerca astrofisica, e quindi alla scelta, progettazione e costruzione delle grandi infrastrutture di ricerca necessarie a realizzarli.
- Promuovere la ricerca di nuove tecnologie atte a potenziare le capacità delle infrastrutture osservative, coinvolgendo le industrie nazionali e collaborando con esse.
- Mantenere informate le industrie nazionali potenzialmente interessate relativamente ai grandi progetti internazionali in gestazione, per favorire la preparazione e la competitività dell'industria nazionale in vista di possibili importanti commesse per la costruzione di infrastrutture di grandi dimensioni.
- Collaborare alla formazione di nuovi ricercatori coadiuvando le istituzioni universitarie nei corsi di laurea e di dottorato e nella supervisione di tesi di ricerca.
- Disseminare presso il vasto pubblico le conoscenze e le scoperte astronomiche e contribuire ad orientare un numero crescente di giovani verso studi scientifici e tecnologici, promuovendo e favorendo così l'alfabetizzazione scientifica.

Lo sviluppo dell'astrofisica

L'astronomia è la scienza più antica del mondo e forse quella che ha avuto il maggior impatto a lungo termine sui processi di civilizzazione. Dalle osservazioni astronomiche cinesi e babilonesi di migliaia di anni fa, alla Grecia classica di Aristarco e Tolomeo, dalla rivoluzione copernicana all'innovazione galileiana del primo telescopio astronomico nel 1609 (appena celebrata con l'anno internazionale dell'Astronomia), fino al lancio di satelliti e telescopi spaziali che ci hanno fatto conoscere l'Universo più remoto, l'astronomia ha conosciuto uno sviluppo sempre più rapido e fruttuoso di scoperte sensazionali.



Negli ultimi decenni la nostra visione dell'Universo, vicino e lontano, si è incredibilmente arricchita. La porzione di Universo accessibile alle nostre osservazioni si è originata 13,7 miliardi di anni fa a partire da un evento primordiale che chiamiamo *Big Bang*. Da allora l'Universo si espande con grande velocità e le evidenze osservative ci indicano che questa espansione è in forte accelerazione e continuerà indefinitamente, mossa da una fonte di energia che ci è ignota e che perciò chiamiamo "*oscura*".

I moti degli astri a varie scale ci indicano altresì che deve esistere molta più materia di quanta ne possiamo vedere direttamente, se non attraverso i suoi effetti gravitazionali, e che perciò chiamiamo "*materia oscura*". Materia ed energia oscure costituiscono il 95% dell'Universo in cui viviamo, il che dà la misura di quanto ancora rimane da indagare.

Col proporre l'esistenza della materia oscura e dell'energia oscura l'astronomia ha posto due nuovi, rivoluzionari quesiti di fisica fondamentale, relativamente alla loro natura e alla loro possibile interazione, seppur debolissima, con la materia ordinaria, oltre quella gravitazionale. Guidati da conoscenze astronomiche, da anni sono in corso complessi esperimenti fisici in laboratori a grandi profondità nel tentativo di rivelare direttamente le ipotetiche particelle costituenti la materia oscura. **Le scoperte astronomiche hanno quindi anticipato ed ora promuovono futuri sviluppi della stessa fisica fondamentale.**

L'osservazione di corpi celesti quali le galassie e gli ammassi di galassie e di esplosioni stellari estremamente energetiche si spinge a distanze sempre maggiori, sino ai confini dell'Universo accessibile. Ciò consente lo studio dell'evoluzione delle galassie e delle strutture dell'Universo, permettendo di vedere direttamente le trasformazioni da esse subite attraverso gran parte del tempo cosmico.

Più vicino a noi, le osservazioni astronomiche hanno consentito di rivelare l'esistenza al centro della nostra galassia di un buco nero milioni di volte più massiccio del sole, mentre altri buchi neri, centinaia di volte ancora più massicci, sono ospitati al centro delle galassie giganti. Inoltre dallo studio di alcune decine di buchi neri di massa stellare e di pulsars in sistemi binari nella nostra Galassia è stato possibile confermare alcuni degli aspetti più profondi della teoria della Relatività Generale di Einstein.

Da quindici anni abbiamo la prova che il nostro Sistema Solare non è unico nella Via Lattea, ma anzi una gran parte delle stelle è attorniata da sistemi planetari e i pianeti scoperti si contano oramai a centinaia. Si avvicina il giorno in cui pianeti simili alla Terra per massa e dimensioni potranno essere rivelati attorno alle stelle vicine, mentre già si progettano gli strumenti che potranno rivelare se alcuni di essi ospitano forme di vita simili alla nostra.

Infine, l'esplorazione del Sistema Solare, dei pianeti e dei loro satelliti, delle comete e degli altri corpi minori, ha fatto passi giganteschi grazie a sonde automatiche sempre più sofisticate, anticipando l'esplorazione umana diretta, ora entrata in fase preparatoria per l'esplorazione del pianeta Marte. Particolare interesse è rivolto al satellite di Giove, Europa, e a quello di Saturno, Enceladus, in quanto si ritiene che sotto la loro superficie ghiacciata si trovi un oceano di acqua mantenuta allo stato liquido grazie al calore sprigionato dall'interno del satellite. Forme di vita potrebbero pertanto essersi sviluppate in tale ambiente, e missioni spaziali sono in fase di studio per andare a verificarlo direttamente.



La vastità delle scoperte astronomiche degli ultimi decenni non ha pari in altri settori delle scienze fisiche. Tali scoperte, di grande impatto culturale, hanno radicalmente cambiato ed arricchito la nostra concezione dell'Universo. Esse sono state possibili grazie ai consistenti investimenti per nuove infrastrutture per l'osservazione astronomica operati da tutti i paesi sviluppati: telescopi sempre più grandi sono stati installati nei luoghi più aridi e isolati del pianeta, e decine di satelliti astronomici sono stati lanciati nello spazio per consentire osservazioni altrimenti degradate o impedita del tutto dall'atmosfera terrestre.

Il costo materiale di tale sviluppo è stato certamente notevole. Basti pensare al costo delle cinque distinte missioni dello *Space Shuttle*, i cui equipaggi hanno rischiato le loro vite per rifornire e riparare un telescopio nello spazio, il NASA/ESA Hubble Space Telescope (HST), e consentirgli così di fare ulteriori scoperte. È pertanto lecito chiedersi quale beneficio tutto ciò abbia comportato per la società nel suo complesso, e se questo beneficio sia proporzionato agli investimenti effettuati. La risposta, indubbiamente positiva, nasce dalle considerazioni seguenti.

Ricerca pura, tecnologia, ricadute industriali

La ricerca astronomica è primariamente mossa dalla curiosità scientifica, ovvero dal desiderio di esplorare l'ignoto fino ai confini dell'Universo osservabile. Ciò richiede lo sviluppo di tecnologie sempre più sofisticate, vuoi da parte degli astronomi stessi, vuoi da parte delle industrie cui gli astronomi rivolgono richieste sempre più esigenti. Basti pensare, a titolo di esempio, che gli astronomi hanno cominciato ad usare rivelatori ottici a CCD (Charge Coupled Device) una ventina d'anni prima che diventassero di uso comune nelle nostre macchine fotografiche, sicché l'alto standard tecnologico necessario per le osservazioni astronomiche ha stimolato in modo determinante lo sviluppo di sistemi sempre più economici e performanti.

Sorprenderà molti sapere che i rivelatori per raggi X in dotazione negli aeroporti per i controlli di sicurezza si basano su tecnologie sviluppate per le osservazioni astronomiche da satellite, o che astronomi e fisici hanno cominciato a comunicare fra loro per posta elettronica almeno una quindicina d'anni prima che ciò diventasse di uso comune. La realizzazione di specchi per astronomia in raggi X tramite elettroformatura di Nichel (sviluppata presso Istituti INAF) ha trovato un importante *spin-off* nelle applicazioni nano-litografiche, per la produzione dei microprocessori di prossima generazione.

Così, la ricerca astronomica non ha di per sé finalità applicative immediate. Come altri settori della ricerca fondamentale è primariamente mossa dal desiderio di conoscere meglio la natura, ma per farlo è indispensabile sviluppare tecnologie sempre più raffinate. Possibili applicazioni pratiche in altri settori delle attività umane non sono quasi mai immaginabili a priori, ma l'inventiva umana quasi mai tarda a trovarne. Per questo motivo INAF si è dotata di un Servizio di Innovazione Tecnologica (SIT) che, in pochi anni, ha permesso il deposito di diversi brevetti e lo *start-up* di alcune nuove industrie che sfrutteranno le tecnologie sviluppate nell'ambito dell'Ente.

Esiste pertanto un nesso indissolubile fra ricerca pura e innovazione tecnologica. La prima non progredisce senza la seconda, e l'innovazione tende a stagnare senza lo stimolo che proviene dalle esigenze sempre nuove poste dalla ricerca di base. In questo contesto generale la ricerca astronomica, da terra e dallo spazio, ha assunto un ruolo sempre crescente nel quadro della ricerca scientifica a livello mondiale. La costruzione di grandi telescopi ottici e radio, e il lancio di satelliti per astronomia in raggi gamma e raggi X, così come pure nelle bande ottiche e infrarosse, hanno comportato e comporteranno importanti ricadute industriali specialmente per i settori opto-meccanico di grande precisione, aerospaziale, elettronico ed opto-elettronico.



È utile ricordare che, secondo le stime più aggiornate, il mercato mondiale della ricerca astrofisica comporta investimenti e commesse industriali per oltre 500 milioni di Euro l'anno, non includendo in questo le attività astronomiche dallo spazio.

In questo quadro, la partecipazione a grandi progetti astronomici internazionali è stata accompagnata dal ritorno di importanti commesse per l'industria italiana. Basti pensare che le strutture di una buona parte dei maggiori telescopi e radiotelescopi al mondo sono state progettate e costruite in Italia, e altrettanto dicasi per molti dei progetti di astronomia spaziale promossi dalla European Space Agency (ESA). A titolo di esempio si può riportare la recente notizia che un'azienda italiana specialista nell'offerta di ingegneristica applicata, si è aggiudicata la progettazione della struttura meccanica dell'European Extremely Large Telescope (E-ELT) che sarà il più grande telescopio ottico del mondo con uno specchio di 42m, nonché dell'enorme cupola destinata a contenerlo. L'azienda si è anche aggiudicata precedentemente altre commesse importanti, in consorzio con altre aziende italiane e straniere. Tra esse la progettazione e costruzione della struttura meccanica del Large Binocular Telescope (LBT) installato in Arizona, il più grande telescopio binoculare mai realizzato (due specchi da 8.4m di diametro) che ha recentemente prodotto immagini più nitide dello Hubble Space Telescope. Lo stesso dicasi per le antenne paraboliche da 12m di diametro per l'Atacama Large Millimeter Array (ALMA), il maggior radiotelescopio al mondo che opera grazie ad un sofisticato sistema di 66 antenne, di cui è stato realizzato il prototipo (per quelle di costruzione europea) e garantito il coordinamento tecnico della produzione. Viste tali premesse, non sorprende che l'industria meccanica nazionale voglia partecipare alla gara per guidare la realizzazione di SKA (Square Kilometer Array), il maggior radiotelescopio mai concepito, con le sue 1500 antenne distribuite su scala continentale. Un progetto da 2 miliardi di Euro!

In questo scenario, l'INAF supporta la competitività delle imprese nazionali nel "mercato" mondiale dell'astronomia, agendo da trade-union fra le frontiere tecnologiche generate dai grandi progetti internazionali e l'industria italiana.

A questo scopo è stato implementato un apposito Programma di Politiche Industriali che vede l'Istituto promotore di quelle sinergie di sistema con il tessuto produttivo nazionale indispensabili per massimizzare i ritorni industriali a fronte degli investimenti nazionali nel settore, a cui il nostro Paese è chiamato a contribuire.

Le Principali Sfide Astronomiche nei Prossimi Dieci Anni

L'astronomia moderna si confronta con oggetti astronomici alle più diverse scale spazio-temporali, dai satelliti dei pianeti del sistema solare agli ammassi di galassie, dalle comete all'Universo nel suo insieme, da fenomeni che avvengono ora a poca distanza da noi a quelli avvenuti nell'Universo primordiale oltre 10 miliardi di anni fa. Questa caratteristica imprescindibile dell'astronomia e astrofisica comporta la necessità di diversificare enormemente le tecniche osservative e quindi le infrastrutture necessarie ad implementarle: un unico telescopio o satellite, per quanto grande, non può soddisfare che un segmento delle attuali ricerche e di quelle future. Le necessità della ricerca astrofisica sono quindi sostanzialmente di natura diversa da quelle di altri settori delle scienze fisiche. L'ampio arco di tematiche che attualmente costituiscono la frontiera delle ricerche astrofisiche viene qui sintetizzato seguendo l'elencazione del Piano a Lungo Termine dell'INAF.

1. Geometria e natura dell'Universo

Lo studio dell'Universo primordiale sarà uno dei temi centrali della fisica nel prossimo decennio.

Quali erano le sue proprietà fisiche iniziali? Cos'ha prodotto le prime fluttuazioni? Cosa c'era prima del Big Bang? Se c'è stata un'accelerazione inflazionaria, cosa l'ha provocata? Qual'è la natura fisica della materia oscura e dell'energia oscura, e come sono legate alle proprietà fondamentali dello spazio-tempo?

2. Formazione ed evoluzione delle galassie e delle strutture cosmiche

Quando e come hanno cominciato a brillare le prime stelle e che massa avevano? Quando e come si sono formati i buchi neri? Quand'è che l'Universo è stato ionizzato e da cosa? Come si sono formate le galassie e attraverso quali processi sono evolute fino alla loro attuale struttura? Quali processi fisici avvengono in prossimità dei buchi neri al centro delle galassie? Possiamo unificare in un unico quadro coerente l'evoluzione delle galassie e dei buchi neri in esse contenuti? Come si formano le strutture di grande scala quali gli ammassi e i superammassi di galassie? Come si originano i campi magnetici cosmici, e quale ruolo svolgono nella formazione ed evoluzione della struttura a grande scala?

3. Storia della Galassia e delle galassie vicine

Quale è stata la storia della formazione stellare nella nostra Galassia, la Via Lattea? Come si sono formati gli ammassi di stelle in essa contenuti? Come si sono originate e differenziate le sue componenti, quali il disco e lo sferoide centrale? Quale percorso ha seguito l'evoluzione chimica della Galassia e quella dei suoi componenti? Le galassie vicine hanno seguito percorsi evolutivi analoghi o molto diversi? La storia della Galassia ricostruita dalle osservazioni delle sue componenti è coerente con quella dedotta dall'osservazione delle galassie a grandi distanze cosmologiche?

4. Nascita delle stelle nell'Universo vicino e lontano

Attraverso quali meccanismi fisici si formano le stelle di diversa massa e in diverse condizioni ambientali? La distribuzione in massa delle stelle è universale o risente delle condizioni ambientali? Era la stessa di oggi nell'Universo primordiale? Cosa regola i tassi di formazione stellare nelle galassie vicine e in quelle a distanze cosmologiche?

5. Il ciclo di vita delle stelle e delle popolazioni stellari

Qual'è la struttura delle stelle e come evolvono? Quale grado di affidabilità possiamo assegnare ai modelli teorici della loro evoluzione? Con quale accuratezza possiamo misurare l'età, la massa, e il tasso di formazione stellare delle popolazioni stellari, sia quelle locali che quelle a grandi distanze cosmologiche? Qual'è la produzione di nuovi elementi chimici da parte delle popolazioni stellari?

6. Fisica solare, interplanetaria e magnetosferica

Qual'è l'origine del campo magnetico solare e delle sue variazioni? Quali meccanismi sono responsabili del riscaldamento dell'alta atmosfera solare? Come viene originato e accelerato il vento solare? Quale influenza ha il ciclo di variabilità solare sul vento solare?

Quali fenomeni si producono dall'interazione del vento solare con i pianeti? Che influenza ha tale interazione sul clima terrestre?

7. Il sistema solare

Come si è formato il sistema solare e quanto è durato il processo di formazione di ciascun pianeta? Perché i pianeti terrestri hanno avuto evoluzione così diversa fra loro? Se in passato è esistita su Marte acqua allo stato liquido, vi si sono sviluppate forme di vita? Quali sono le dimensioni dei nuclei dei grandi pianeti gassosi? Esiste acqua allo stato liquido in alcuni dei satelliti di Giove e Saturno, e vi si sono sviluppate forme di vita? Quale ruolo hanno avuto i corpi minori (asteroidi e comete) nell'evoluzione del sistema solare?

8. La ricerca di pianeti extra-solari e di vita extra-terrestre

Quanto è comune la formazione di sistemi planetari attorno alle stelle? Esistono sistemi planetari simili al nostro, con pianeti di massa, dimensioni e condizioni di abitabilità simili alla Terra? Esistono pianeti in cui forme di vita relativamente complesse hanno modificato l'atmosfera planetaria in misura tale da consentire alle nostre osservazioni di rilevarlo? Il nostro sistema planetario è un evento comune nei processi di formazione stellare o è invece un caso (estremamente) raro?

9. L'Universo violento: buchi neri, lampi gamma e raggi cosmici

Come si sono formati i buchi neri di massa stellare e quelli supermassicci? Attraverso quali meccanismi avviene il rilascio della grande quantità di energia che sembra accompagnarne la formazione, quali i lampi gamma (GRB) e i quasars? Qual'è il meccanismo di formazione di getti collimati a energie relativistiche? Come e dove avviene l'accelerazione dei raggi cosmici ultra-energetici? Cosa avviene quando due buchi neri o due stelle di neutroni collidono e quindi coalescono? E quali segnali in onde elettromagnetiche e onde gravitazionali vengono emessi?

Dalle tematiche sopra esposte deriva una grande varietà di progetti, grandi, piccoli e medi, che la comunità dei ricercatori continuamente propone per affrontare queste diverse sfide. Di qui la necessità di vagliare tali progetti, fare delle scelte e prioritarizzarli. In tal senso si sono mosse le organizzazioni Europee preposte alla ricerca, e con il supporto della **Comunità Europea** è stata creata la rete di coordinamento **Astronet** con lo scopo di stabilire e facilitare l'implementazione di un comprensivo Piano Strategico per lo sviluppo dell'Astronomia Europea.

Il Piano Strategico dell'Astronomia Europea

In questi anni di grandi successi dell'Astronomia mondiale, in un mondo in cui la competizione è altissima e globale, le varie comunità astronomiche europee hanno ritenuto indispensabile procedere all'individuazione di un Piano Strategico comune su cui concentrare gli sforzi del nostro continente, tenendo conto di quanto avviene nelle altre parti del mondo, in particolare negli USA, ma anche in Cina ed in India, dove la crescita è rapidissima sia in generale che specificamente nel settore della ricerca astronomica.



Grazie soprattutto alla spinta delle principali istituzioni europee attive nel coordinamento della ricerca, e di quella astronomica in particolare, quali lo European Research Council (ERC), lo European Southern Observatory (ESO) e la European Space Agency (ESA), ma con la partecipazione attiva di rappresentanti di tutte le comunità astrofisiche nazionali fra cui l'INAF, si è prima pervenuti tramite Astronet alla stesura del documento Science Vision for European Astronomy che individua le principali priorità scientifiche, pubblicata nel 2007, e successivamente a quella dell'Astronet Infrastructure Roadmap del 2008, che indica le grandi infrastrutture necessarie per perseguirle. L'Astronet Infrastructure Roadmap preconfigura i principali piani a lungo termine, sia scientifici che di investimento, per l'astronomia europea dei prossimi 10-20 anni, volti ad affrontare le quattro questioni fondamentali individuate dalla Science Vision for European Astronomy: A. La comprensione dell'Universo, anche nei suoi stadi più estremi; B. La formazione ed evoluzione delle galassie; C. L'origine ed evoluzione di stelle e pianeti; D. Il ruolo dell'umanità in questo contesto.

Nel 2006, **ESFRI** (European Strategy Forum on Research Infrastructures), l'organo consultivo dei Ministri della Ricerca dell'Unione Europea, formato da esperti nominati dai rispettivi Ministeri e da un rappresentante della Commissione europea, pubblica la sua prima Roadmap per le Infrastrutture di Ricerca di rilevanza europea e nel 2008 pubblica un primo aggiornamento. Per arrivare ad una valutazione razionale delle priorità a livello europeo, ESFRI ha preso in considerazione sia gli aspetti puramente scientifici che quelli tecnologici, comprese le capacità industriali già esistenti e quelle acquisibili nei prossimi anni, privilegiando: impatto scientifico, competitività e unicità, coinvolgimento europeo, utenza scientifica di riferimento, rilevanza industriale. Per la astrofisica entrambe le Roadmap (ASTRONET e ESFRI) indicano come priorità assoluta per il prossimo decennio le seguenti infrastrutture da terra

Infrastrutture di grande scala:

E-ELT (European Extremely Large Telescope)

SKA (Square Kilometer Array)

Infrastrutture di scala intermedia:

CTA (Cherenkov Telescope Array)

KM3NeT (Cubic Kilometer Neutrino Telescope)

Queste infrastrutture permetteranno un enorme salto di qualità nel campo rispettivamente della astronomia ottica/infrarossa, radio e gamma e nel campo della fisica ed astrofisica dei neutrini.

Per ciò che riguarda la scienza dallo spazio, Astronet concorre con le priorità individuate nel documento **Cosmic Vision di ESA**. Attualmente sono in esame le seguenti missioni spaziali:

Missioni L (large class): IXO, Europa Jupiter System Mission/Laplace, LISA

Missioni M (medium class): EUCLID, PLATO, SOLAR ORBITER

Mission of Opportunity: SPICA

ma molti altri progetti di scala minore sono considerati indispensabili al mantenimento dell'eccellenza della ricerca astrofisica europea.



La Roadmap di Astronet per le Infrastrutture Astronomiche Europee

La Roadmap di Astronet è interamente dedicata all'astrofisica ed è sicuramente il documento che descrive più in dettaglio i progetti esistenti e futuri più rilevanti per la astrofisica europea. Tale documento considera tutti i più importanti settori della ricerca astronomica, dal Sistema Solare ai più remoti confini dell'Universo, dall'astrofisica delle alte energie a quella in banda ultravioletta, ottica, infrarossa, millimetrica e radio, dagli studi in laboratorio di materiali provenienti dal Sistema Solare a quelli teorici di grande impegno computazionale, dalla banca dati astronomica globale (Virtual Observatory, VO) a educazione e divulgazione.

Nel settore dell'**Astrofisica delle alte Energie, Astro-particelle e Onde Gravitazionali** l'Astronet Infrastructure Roadmap ha elencato fra i progetti in corso di maggior successo, di cui è fondamentale consentire lo sfruttamento il più a lungo possibile, i satelliti europei XMM-Newton e INTEGRAL, l'italiano AGILE e i due americano-europei Fermi e Swift, nonché i telescopi a conduzione europea HESS e MAGIC. Si raccomanda di procedere alla realizzazione della missione congiunta NASA-ESA-JAXA per l'International X-ray Observatory (IXO) molto più sensibile e di ben più grandi dimensioni di qualsiasi altro telescopio per raggi X finora lanciato nello spazio. Viene inoltre enfatizzata l'importanza di una missione di alta sensibilità dedicata ad una survey del cielo nei raggi X e una seconda dedicata a telescopi focalizzanti con alta risoluzione angolare sensibile ai raggi X duri. Al contempo è stata sottolineata l'importanza scientifica e tecnologica del Cherenkov Telescope Array (CTA) dedicato alla rilevazione di raggi gamma di origine cosmica di altissima energia, con superfici riflettenti di tecnologia INAF realizzate da industrie italiane, che saranno fondamentali per lo studio della cosmologia e delle astro-particelle. Il CTA è un progetto modulare formato da decine di repliche di tre tipi di telescopi base mirati a coprire un amplissimo intervallo di energia dei raggi gamma (da circa 10 GeV a 200 TeV). Il progetto rappresenta il passaggio dalla generazione attuale di esperimenti singoli (HESS, VERITAS, MAGIC) ad una unica grande infrastruttura scientifica di calibro mondiale ("osservatorio al TeV"). Nei prossimi anni sarà anche finalmente possibile lo studio sperimentale dei neutrini di altissima energia, finora rimasti una disciplina essenzialmente teorica a causa della difficoltà tecnica di rivellarli. Gli esperimenti ANTARES e AMANDA hanno ora dimostrato di poter rilevare queste particelle e ci si aspetta che la nostra conoscenza nel campo cambi drasticamente con l'entrata in funzione di rivelatori di nuova generazione di scala chilometrica, come IceCube e KM3NeT.

Nel decennio in corso gli interferometri Advanced-Virgo e LIGO saranno in grado di rivelare i primi segnali di onde gravitazionali, confermando così in maniera diretta una previsione cruciale della teoria della relatività generale. Ciò consentirà di aprire una nuova branca dell'astronomia moderna, legata a fenomeni rari e straordinariamente violenti, quali la coalescenza di stelle di neutroni e di buchi neri e l'esplosione di stelle massicce.

Nel settore dell'**Astronomia Ultravioletta, Ottica e Infrarossa** l'Astronet Infrastructure Roadmap ha sottolineato l'assoluta eccellenza della ricerca europea, soprattutto grazie ai 4 telescopi di 8 metri del Very Large Telescope (VLT) dell'ESO, che surclassano in capacità organizzativa e qualità dei dati tutti gli altri telescopi ottici a terra. Grazie all'ultima missione dello Shuttle che ha permesso di riparare HST e di fornirgli di nuova strumentazione scientifica, questo telescopio spaziale capace di osservare dall'ultravioletto all'infrarosso ha raggiunto una capacità ed efficienza ancora superiori che in passato, nonostante sia in orbita da 20 anni. La combinazione di dati VLT con quelli dell'Hubble Space Telescope (HST), cui gli astronomi europei hanno diritto di accesso per il 15% del tempo, produce risultati scientifici di gran lunga al primo posto per impatto mondiale.



L'Astronet Infrastructure Roadmap chiede quindi che venga garantito pieno supporto alla partecipazione europea a HST e al mantenimento di un programma aggressivo per lo sviluppo di nuova strumentazione per VLT. Sempre nell'ottico grandi aspettative sono riposte nel satellite interamente europeo GAIA, mirato ad ottenere la più dettagliata mappa tridimensionale della nostra Galassia, misurando posizioni e moti di circa un miliardo di stelle. Grandi attese si hanno anche per JWST, telescopio infrarosso di 6.5 m, la cui messa in orbita è attualmente prevista per il 2014. JWST è attualmente il principale progetto NASA e, a somiglianza di HST, prevede una partecipazione europea (tramite ESA) del 15%, grazie alla realizzazione di due strumenti e all'utilizzo del vettore di lancio Ariane. L'ESO conta infine di riuscire nel prossimo decennio a costruire lo European Extremely Large Telescope (E-ELT). Con i suoi 42m di diametro, E-ELT sarà il più grande telescopio ottico/infrarosso mai realizzato dall'Europa. E-ELT è nella fase di *design study* che prevede contratti con le industrie per progettare e costruire prototipi di elementi chiave come i segmenti per lo specchio principale, il quarto specchio adattivo e la struttura meccanica. L'ESO ha recentemente identificato nel Cerro Armazones, a 3000m di quota nel deserto Cileno e non lontano dagli altri Osservatori dell'ESO, il miglior sito al mondo dove edificarlo. Progettato con tecniche d'avanguardia che gli consentiranno di sfruttare appieno i vantaggi dell'ottica adattiva, esso consentirà di spingere le osservazioni a distanze finora mai raggiunte e di studiare galassie appena formatesi, buchi neri, sistemi planetari in via di formazione, pianeti con caratteristiche simili alla Terra e possibilmente abitabili. Vengono infine raccomandate le missioni Euclid (per lo studio dell'equazione di stato dell'energia oscura per mezzo delle oscillazioni acustiche barioniche e del *lensing* gravitazionale debole), e Plato (per la scoperta e lo studio di pianeti extrasolari di tipo terrestre).

Nelle bande del **Lontano Infrarosso e Sub-millimetrico** stanno già riscuotendo grande successo i satelliti europei Herschel e Planck lanciati nel 2009, il primo prevalentemente dedicato allo studio di regioni di formazione stellare e di galassie nelle loro prime fasi di vita, il secondo dedicato allo studio dell'Universo primordiale tramite l'analisi della radiazione cosmica di fondo. Ancora nel (sub-)millimetrico, è ormai prossimo l'avvento di ALMA, eccellente esempio di progetto globale portato avanti congiuntamente da USA, Europa, Canada e Giappone, con la partecipazione di altri paesi dell'Estremo Oriente e la collaborazione della Repubblica Cilena. ALMA, situato su un altopiano andino a 5000 metri di quota, consentirà scoperte importanti nel campo della formazione di stelle, pianeti e galassie. In particolare ALMA, consentirà finalmente lo studio sistematico del mezzo interstellare e della sua composizione chimica in galassie fino ai limiti dell'Universo osservabile, nonché della produzione in ambienti astrofisici di molecole complesse e pre-biotiche.

Infine, nel campo della **Radioastronomia** l'Europa è impegnata nei progetti VLBI e VLBI Spaziale, e mira ad acquisire un ruolo di punta a livello mondiale grazie alla installazione delle stazioni LOFAR, cui aderiscono numerosi stati membri. Ancora più ambizioso e di impatto scientifico è il progetto SKA, il più grande e potente radiotelescopio mai concepito, frutto di una collaborazione mondiale. SKA ha potenzialità scientifiche enormi in tutti i campi della moderna astrofisica e cosmologia. SKA si sta sviluppando attraverso il finanziamento europeo di *design study* specifici (SKADS e PrepSKA), attraverso *pathfinder telescopes* attualmente in costruzione in Europa, Australia, e Sud Africa. L'ampliamento su scala europea di LOFAR, così come l'e-VLBI (*VLBI in real time*), sono considerati precursori tecnologici per il futuro SKA. La comunità radioastronomica europea, e quella italiana in particolare, possono giocare un ruolo di primo piano nel progetto SKA sfruttando il know-how tecnologico e l'esperienza in interferometria a lunghissima base acquisita nel corso degli anni. SKA sarà in grado di misurare l'evoluzione della materia nell'Universo primordiale, ancor prima della formazione delle primissime stelle, di derivare l'equazione di stato



dell'energia oscura, di verificare le leggi della fisica in condizioni estreme, come quelle che si stabiliscono nelle vicinanze di pulsars e buchi neri, e di studiare l'origine e l'evoluzione cosmologica dei campi magnetici nell'Universo.

Per quanto attiene alla **Fisica Solare e del Sistema Solare** l'Astronet Infrastructure Roadmap ha sottolineato il ruolo fondamentale giocato dalla ricerca europea in questo campo. L'Europa opera quattro fra i principali telescopi solari al mondo, tutti situati alle Isole Canarie. Nel prossimo futuro l'Europa sarà impegnata nello sviluppo dello European Solar Telescope (EST) di 4m di diametro che opererà in sinergia con un equivalente telescopio americano (ATST) della stessa classe. A questi telescopi terrestri va aggiunto il grande successo di ESA-SOHO che, lanciato nel 1995, ha notevolmente contribuito ad ampliare le nostre conoscenze sul Sole e sul vento solare. Per quanto riguarda gli studi in-situ della fisica dei plasmi spaziali, l'Europa è leader a livello mondiale con missioni come ESA-Ulysses e ESA-Cluster. ESA-Ulysses, attiva dal 1990 al 2009, ha operato in zone dell'eliosfera mai raggiunte prima, come le regioni polari del Sole; ESA-Cluster è la prima missione che abbia permesso di studiare i processi fisici che regolano il comportamento del plasma eliosferico nelle tre dimensioni dello spazio. L'Europa intende proseguire su questa strada con la missione Solar-Orbiter dell'ESA, che risponderà ai quesiti fondamentali alla base della nascita, accelerazione e riscaldamento del plasma del vento solare, e produrrà immagini del Sole ad una risoluzione spaziale mai raggiunta prima.

Nel campo delle **Missioni Planetarie** L'Europa ha assunto un ruolo di notevole rilievo. Basti pensare a missioni ESA di grande successo quali: Cassini-Huygens, Mars Express, Venus Express e Rosetta. Queste missioni hanno scoperto importanti fenomeni in sistemi planetari complessi come quello di Saturno, hanno svelato i segreti dell'ambiente marziano e venusiano e ci regaleranno lo studio più dettagliato mai effettuato su una cometa, con evidenti risvolti di bioastronomia. Anche in questo campo l'Europa vuole mantenere la sua leadership con il lancio di Bepi-Colombo (*Cornerstone Mission* dell'ESA), previsto nel 2014 alla volta di Mercurio e la missione Exomars propedeutica all'esplorazione umana di Marte.

L'Astronet Infrastructure Roadmap ha anche analizzato con attenzione gli aspetti computazionali legati all'astrofisica, sia per quanto riguarda lo sviluppo di modelli numerici teorici, che l'analisi computerizzata di una mole sempre maggiore di dati osservativi, nonché il Virtual Observatory (VO - un progetto per rendere accessibili i dati acquisiti da osservazioni effettuate a varie lunghezze d'onda) che rappresenta ormai una realtà e non una prospettiva futuribile. L'installazione e l'ottimizzazione delle potenze di calcolo necessarie oggi per soddisfare le necessità della scienza moderna richiedono notevoli investimenti, e questo è tanto più vero nel caso dell'astronomia, data la grandissima mole dei dati osservativi da analizzare, e la complessità dei processi fisici da simulare.

Infine, l'Astronet Infrastructure Roadmap ha voluto sottolineare l'importanza di comunicazione, divulgazione, didattica (primaria, secondaria e universitaria) e formazione in Astronomia, una scienza di altissimo contenuto culturale e che da sempre coinvolge l'immaginario collettivo. Ciò sia per informare il pubblico dei risultati scientifici, sia per attrarre ed orientare i giovani verso le carriere scientifico-tecnologiche. Su proposta dell'Italia e su richiesta dell'Unione Astronomica Internazionale (IAU), l'Organizzazione delle Nazioni Unite ha proclamato il 2009 (4° centenario dell'uso del telescopio da parte di Galileo) Anno Internazionale dell'Astronomia. Ciò ha favorito enormemente l'espansione dei programmi di istruzione e divulgazione astronomica fino a raggiungere centinaia di milioni di persone sparse in 125 diversi Paesi.

[La Roadmap Italiana](#)



L'insieme dei principali progetti ritenuti indispensabili per il mantenimento di un livello di leadership o di prima linea della scienza europea comporta investimenti di diversi miliardi di euro, in parte finanziati dalla stessa Unione Europea, in parte dalle organizzazioni internazionali ESO ed ESA, ma in parte anche a carico dei singoli stati membri. È indispensabile pertanto che una comunità nazionale che intenda partecipare con un ruolo di primo piano agli sviluppi scientifici e tecnologici europei e mondiali dei prossimi decenni adegui le proprie strategie alle conclusioni e alle indicazioni strategiche delle Roadmap europee.

La Roadmap Italiana è stata recentemente definita dal Ministero della Istruzione, della Università e della Ricerca (MIUR), al termine di un processo di valutazione che ha visto il coinvolgimento dei Ministeri degli Affari Esteri, della Salute, dello Sviluppo Economico, dei principali Enti di ricerca, tra cui l'INAF, e della CRUI. Per quanto attiene all'astronomia da terra, i progetti risultati maturi per essere inseriti nella roadmap sono E-ELT, SKA e CTA (in accordo con quanto indicato a livello europeo da ESFRI e Astronet) e progetti strategici nazionali quali SRT (Sardinia Radio Telescope), LBT (Large Binocular Telescope), inteso come un update del progetto esistente (seconda generazione di strumenti per LBT) ed EST (incluso in Astronet), saranno considerati nei prossimi aggiornamenti della roadmap nazionale. INAF concorda pienamente con le priorità indicate dalla Roadmap Astronet circa i maggiori progetti futuri (così come sopra elencate) e si adopera per far svolgere all'astronomia e all'industria italiane un ruolo di primo piano in questo contesto.

Parte integrante della Roadmap dell'astrofisica Italiana è la sua parte spaziale come più sotto elencato (ivi incluso il programma nazionale), alla definizione della quale ASI (Agenzia Spaziale Italiana) ed INAF collaborano attivamente.

L'Astronomia Italiana nel contesto Europeo e Mondiale

La ricerca astronomica moderna, e quindi quella italiana in particolare, sfrutta ormai in modo sistematico tutte le possibili sinergie fra osservazioni da terra e dallo spazio, utilizzando informazioni provenienti da tutto lo spettro elettromagnetico. Risulta pertanto sempre più preminente, sia in termini quantitativi che qualitativi, la frazione delle ricerche che sfruttano appieno queste opportunità, rispetto ad altre che utilizzino una sola tecnica osservativa. Coordinando al proprio interno l'attività di ricerca scientifica e tecnologica nel completo arco delle tecniche osservative, sia da terra che dallo spazio, sia ottiche che radio che ad alte energie, l'INAF è in grado di sfruttare appieno e nel migliore dei modi questa opportunità. Diversamente da altri paesi, pur astronomicamente sviluppati, dove esse sono gestite da differenti enti di ricerca.

L'INAF gestisce 19 Strutture di ricerca sul suolo nazionale, fra cui 12 Osservatori e 7 Istituti già del CNR, confluiti effettivamente nell' INAF nel 2003, una Struttura alle isole Canarie che opera il Telescopio Nazionale Galileo e inoltre partecipa allo sviluppo e alla gestione del Large Binocular Telescope situato su Monte Graham in Arizona. Attualmente il personale INAF consiste in circa 1500 unità, incluso il personale a tempo determinato e i collaboratori ed associati appartenenti ad altri enti.

Metriche della produzione e impatto della ricerca italiana

Negli ultimi decenni l'astrofisica italiana ha raggiunto posizioni di vertice, divenendo una delle comunità di riferimento a livello internazionale in vari campi sia osservativi che teorici. Inoltre, l'Italia è stata molto attiva nella progettazione e costruzione di grandi infrastrutture sia terrestri che spaziali. Per questo motivo, gli astronomi italiani si trovano in una situazione che consente loro di avere un ruolo di punta nelle ricerche più importanti del prossimo decennio.



Nel quinquennio 2005-2009 gli astronomi INAF hanno prodotto 15,623 pubblicazioni, di cui 6,305 in riviste internazionali con referee. **L'astronomia è il settore scientifico italiano di gran lunga percentualmente più produttivo e di maggiore impatto internazionale.** Secondo il sito *Science Watch* quasi l'11% degli articoli del settore Space Science sono di ricercatori italiani (http://sciencewatch.com/dr/sci/10/may16-10_1/). Non solo, se si consulta il sito *ISI-Thomson Reuters* (<http://hcr3.isiknowledge.com/>) che elenca gli scienziati di tutto il mondo con il più alto numero di citazioni, degli 86 scienziati Italiani i più numerosi sono gli astrofisici (13/86 ovvero il 15%). Quindi nell'ambito della ricerca scientifica italiana l'astronomia non è soltanto la disciplina più prolifica ma è anche quella di maggior impatto internazionale. Inoltre i risultati italiani sono fra i migliori paragonati al resto dell'astronomia Europea: nelle stesse liste ISI si trovano 26 astronomi sui 374 scienziati più citati in Gran Bretagna (7%), 15 astronomi su 264 scienziati in Germania (5%), 2 su 164 in Francia (1,2%); infine gli Stati Uniti hanno 235 astronomi su 4131 scienziati più citati (pari al 5,8%). **L'astronomia italiana eccelle in tutti i principali settori della ricerca astrofisica, situandosi al quarto posto a livello mondiale,** laddove la ricerca italiana complessiva si situa solo al nono posto. L'astronomia italiana infatti viene solo dopo USA, Regno Unito e Germania, e prima di altri paesi con maggiore prodotto interno lordo. In particolare, la ricerca INAF eccelle in campi quali la Cosmologia Osservativa, la Formazione ed Evoluzione delle Galassie, l'Astrofisica delle Alte Energie, l'Evoluzione delle Stelle e delle Popolazioni Stellari, e l'Esplorazione del Sistema Solare.

Partecipazione Italiana a Progetti e a Organizzazioni Internazionali

Grandi Infrastrutture da Terra

L'INAF gestisce e sviluppa diversi grandi progetti tecnologici in collaborazione con partners internazionali. Tra di essi ricordiamo l'LBT (Large Binocular Telescope) situato in Arizona, in collaborazione con gli Stati Uniti e la Germania; il TNG (Telescopio Nazionale Galileo) situato alle Canarie, in collaborazione con la Spagna; il VST (VLT Survey Telescope) e il REM (Robotic Eye Mount) situati in Cile, in collaborazione con ESO. Inoltre INAF partecipa alla rete radio-interferometrica europea EVN (European VLBI Network) con due antenne di 32m situate a Medicina (Bologna) e Noto (Siracusa). La nuova antenna di 64m situata in Sardegna (SRT) si unirà alla rete EVN non appena diverrà operativa. Dal 2011 le antenne di Noto e Medicina fungeranno da stazioni da terra nell'ambito di progetti internazionali di VLBI spaziale (RadioAstron e VSOP-2).

LBT è il primo telescopio ottico/infrarosso che monta due specchi da 8.4m di diametro ciascuno, equivalenti ad uno strumento a specchio singolo di circa 12m di diametro. Grazie alla implementazione della ottica adattiva esso consente di ottenere immagini molto nitide e di competere con telescopi spaziali come HST nello studio di oggetti ai limiti dell'Universo osservabile. Le sue capacità in questo campo risulteranno notevolmente ampliate dall'implementazione del suo modo interferometrico, previsto per il 2011.

Il TNG (3.6m di diametro), situato al Roque de Los Muchachos alle Isole Canarie, è la infrastruttura ottica/infrarossa della comunità astronomica italiana. È operato dalla fondazione *Galileo Galilei* ed equipaggiato con 5 strumenti operanti permanentemente, che offrono una grande varietà di modalità di osservazione, dall'*imaging* in larga banda alla spettroscopia ad alta risoluzione. Nel prossimo futuro il TNG verrà reso più efficiente attraverso un uso finalizzato a progetti specifici, concentrando il suo utilizzo su un set di strumenti altamente competitivi.



Il VST è un telescopio di 2.6m di diametro concepito per fornire supporto al VLT. Con un campo di vista di un grado quadrato il suo compito scientifico primario è di fornire immagini a grande campo per l'esplorazione dell'Universo visibile dall'emisfero australe. Il VST ospita al suo interno una camera a grande campo frutto di una collaborazione tra Olanda, Germania, Italia ed ESO. La sua entrata in funzione è prevista per l'inizio 2011.

L'Italia è fortemente coinvolta nel progetto ALMA a vari livelli, sia scientifici, che nell'organizzazione del centro di supporto agli utenti (ALMA Regional Center, ARC), che nello sviluppo di software e strumentazione, anche in vista dell'ulteriore piano di sviluppo di questa infrastruttura. Inoltre l'industria Italiana è fortemente coinvolta nella costruzione di una grossa parte delle 66 antenne paraboliche da 12m di diametro (25 europee, 25 americane e 16 giapponesi). L'ARC italiano, uno dei sei nodi che costituiscono la rete ARC Europea, svolgerà un ruolo prezioso per permettere a gruppi nazionali, anche privi di specifiche competenze tecniche di interferometria (sub-)millimetrica, uno sfruttamento ottimale delle potenzialità scientifiche di ALMA.

Inoltre l'Italia, nella sua qualità di partner di ESO, ha accesso su base competitiva a tutte le infrastrutture osservative ESO situate sulle Ande cilene, e operanti in banda ottica/infrarossa e sub-millimetrica di La Silla (NTT, 3.6m telescope, REM, ecc.), Paranal (le quattro unità VLT, il grande interferometro ottico VLTI, e i telescopi per survey VISTA e VST) e Chajnantor (ALMA). Per ciò che riguarda le osservazioni in banda radio esiste una politica internazionale di *Open Sky*, che permette l'accesso su base competitiva a tutte le più grandi infrastrutture radioastronomiche del mondo (VLA, ATCA, WSRT, GMRT etc.). L'Italia è quindi parte delle reti Europee denominate Opticon e RadioNet che, tra le diverse attività che coordinano, facilitano l'accesso agli osservatori ottici e radio attraverso specifici finanziamenti. La rete radio-interferometrica VLBI Europea (EVN) ha istituito, con fini di coordinamento, il Joint Institute for VLBI in Europe (JIVE) finanziato dal consorzio degli Istituti membri, tra cui l'INAF.

Missioni Spaziali

Per ciò che riguarda le missioni spaziali l'ente di riferimento europeo è la European Space Agency (ESA), finanziata dalle agenzie nazionali tra cui l'Agenzia Spaziale Italiana. Il programma scientifico dell'ESA comprende una cospicua partecipazione italiana in missioni spaziali di tipo astrofisico. In ambito nazionale sono state sviluppate missioni astrofisiche di grande successo, quali *BeppoSAX* e *Agile*. Sono attivi da tempo programmi di collaborazione diretta con altre agenzie, soprattutto con la NASA. Le attività spaziali nel campo dell'astrofisica e dell'esplorazione planetaria sono svolte sotto l'egida dell'ASI, in stretta collaborazione con INAF.

È ampia la partecipazione italiana alla realizzazione di missioni spaziali di astrofisica e della loro strumentazione, e allo sfruttamento dei dati scientifici di missioni operative. L'INAF partecipa molto attivamente all'utilizzo dei dati ottenuti con missioni operative nel campo dell'astrofisica, quali ad esempio HST, XMM-Newton, INTEGRAL e Swift. *Agile*, lanciato nel 2007, è il primo satellite del programma ASI di Piccole Missioni Scientifiche, interamente realizzato dall'industria nazionale. Come *Agile*, anche il satellite Fermi della NASA, attivo dal 2008 e con un'importante partecipazione Italiana, è mirato allo studio delle sorgenti astrofisiche di radiazione gamma. Dal 2009 sono operativi i satelliti ESA Planck, per lo studio dettagliato della radiazione cosmica di fondo nelle microonde, e Herschel per l'astronomia infrarossa. Entrambi i progetti hanno un importante contributo dell'INAF, che si estende dallo sviluppo e calibrazione degli strumenti, all'analisi dei dati scientifici. Nel 2012 verrà inoltre lanciato GAIA, il satellite dell'ESA su cui INAF è fortemente impegnato, sia nella sua parte spaziale che per le osservazioni complementari da



terra.

Particolarmente importante è la partecipazione italiana agli studi di missioni per il programma *Cosmic Vision 2015-2025* dell'ESA. Nel programma per le missioni di classe M vengono attualmente considerate: Euclid, Plato e Solar Orbiter, quest'ultimo per ottenere immagini del sole ad altissima risoluzione e da distanza molto ravvicinata. Tra le missioni di classe L, grandi progetti che coinvolgono anche la NASA, IXO (per lo sviluppo del più grande telescopio a raggi X mai realizzato) vede una cospicua partecipazione dell'INAF, mentre è sotto la responsabilità dell'INFN la partecipazione al progetto LISA (Laser Interferometer Space Antenna), per lo sviluppo di un interferometro per la rivelazione di onde gravitazionali di bassa frequenza, emesse per lo più da sistemi di buchi neri binari supermassicci al centro delle galassie.

Altri studi vengono portati avanti in collaborazione con la NASA in contesto bi- o multilaterale e (oltre alle missioni di classe L) in questi mesi sono oggetto di valutazione da parte dei comitati NSF (National Science Foundation) per la Decadal Survey. Tra questi vengono qui menzionati le missioni di astrofisica dei raggi X e gamma EXIST (per lo studio dei buchi neri supermassicci, dei lampi di raggi gamma e di altri fenomeni violenti e transitori nell'Universo) e Wide Field X-ray Telescope (WFXT, per una survey ad alta sensibilità di tutto il cielo nella banda dei raggi X). Viene inoltre studiata attivamente in ambito italiano NHXM (New Hard X-ray Mission), il primo progetto per ottenere con alta sensibilità immagini del cielo nei raggi X duri e misure della polarizzazione dei raggi X emessa da sorgenti cosmiche.

Molte sono le partecipazioni di ricercatori INAF, anche a livello di *Principal Investigator*, ad esperimenti su sonde planetarie attualmente operative o in fase di realizzazione: Mars Express, per lo studio della superficie marziana, attiva dal 2002; Venus Express, per lo studio dell'atmosfera venusiana e della sua interazione col vento solare, attiva dal 2005; Rosetta, destinata a svelare i segreti delle comete ed attiva dal 2004; Cassini-Huygens, missione robotica interplanetaria congiunta NASA/ESA/ASI, lanciata nel 1997 e prima sonda ad essere entrata nell'orbita di Saturno per lo studio delle lune e degli anelli del pianeta; la missione NASA DAWN, destinata allo studio dei protopianeti Vesta e Cerere, lanciata nel 2007. Fra le missioni planetarie in fase di realizzazione alle quali l'INAF collabora ai massimi livelli di responsabilità vi sono: Bepi-Colombo, cornerstone mission dell'ESA, dedicata allo studio di Mercurio, il cui lancio è previsto nel 2014; ExoMars, missione ESA dedicata allo studio dell'ambiente marziano propedeutico a future missioni di esplorazione, con lancio previsto nel 2016-2018; Juno, missione facente parte del programma New Frontiers Program della NASA, destinata allo studio dell'origine e della formazione del pianeta Giove con lancio previsto nel 2011. I ricercatori dell'INAF hanno raggiunto un grado di *expertise* a livello mondiale anche nello sviluppo della spettropolarimetria solare sia da terra sia dallo spazio nonché della spettrometria planetaria dallo spazio. In particolare, la strumentazione spaziale sviluppata dall'INAF ha permesso, per la prima volta nella storia della esplorazione spaziale, che strumenti con le stesse caratteristiche osservino in modo sistematico oggetti diversi del sistema planetario, consentendo di svolgere realmente planetologia comparata.

Nel campo dello studio della fisica dei plasmi interplanetari, e in particolare dell'ambiente magnetosferico terrestre, occorre ricordare la partecipazione dell'INAF alla missione Cluster, prima *cornerstone* del programma *Horizons 2000* dell'ESA, che si prevede terminerà a fine 2012.

Infrastrutture Astronomiche sul Territorio Nazionale

La maggiore infrastruttura osservativa nazionale (oltre al TNG) è rappresentata dal Sardinia Radio Telescope (SRT), attualmente in via di completamento in Sardegna. SRT è un innovativo radiotelescopio di 64m di diametro che grazie alla superficie attiva della parabola sarà in grado di



operare su un ampio intervallo di frequenza, da 0.3 a 100 GHz. SRT è un progetto interamente italiano, finanziato per la maggior parte dal MIUR, con contributi della Regione Sardegna e dell'ASI. Grazie alla sua grande superficie attiva, SRT diverrà uno dei più potenti radiotelescopi *single-dish* al mondo e contribuirà significativamente alle reti VLBI potenziandone notevolmente la sensibilità. Ci si attende da SRT un contributo notevole allo sviluppo delle conoscenze in molti campi della ricerca astrofisica, dalle pulsar ai buchi neri, dalla composizione chimica delle galassie alle onde gravitazionali. Inoltre SRT verrà utilizzato in ambito ASI per il *tracking* delle sonde interplanetarie.

Esistono inoltre diverse infrastrutture locali, costruite negli anni '70 e primi anni '80, fra cui le più significative per l'utilizzo in programmi di ricerca di respiro internazionale sono le antenne VLBI di Noto e Medicina (ciascuna di 32m di diametro).

Innovazione e Ricerca Tecnologica in INAF

Fin dai tempi di Galileo le maggiori scoperte astronomiche e astrofisiche sono state trainate dai progressi tecnologici e ne hanno stimolato di nuovi. Ciò è particolarmente vero per la astrofisica del XXI secolo, ormai da tempo diventata una *big science*. Per restare competitivi a livello internazionale è necessario avere accesso a strumentazione d'avanguardia ed è necessario partecipare allo sviluppo di tecnologie altamente avanzate e innovative. A questo scopo è necessario sviluppare programmi tecnologici aggressivi. Tali programmi debbono essere prodotti dagli sforzi congiunti di astrofisici, ricercatori di altre discipline (fisica nucleare e delle particelle, fisica dei materiali e dello stato solido, criogenia, etc.) e industrie. Per questo motivo INAF si è dotata di un Servizio di Innovazione Tecnologica (SIT) che, in pochi anni ha permesso il deposito di diversi brevetti e lo *start-up* di alcune nuove industrie che sfrutteranno le tecnologie sviluppate nell'ambito dell'Ente. È importante però che l'attività di ricerca e sviluppo INAF sia trainata da obiettivi scientifici.

Di seguito sono illustrati alcuni esempi eccellenti dell'attività di ricerca tecnologica condotta da INAF.

INAF ha la leadership mondiale nel campo dell'ottica adattiva. Tale tecnica permette in linea di principio a telescopi da terra di grande diametro di raggiungere poteri risolutivi angolari altrimenti raggiungibili solo dallo spazio. Questa tecnica, già implementata con successo da ricercatori INAF sul telescopio binoculare LBT, è di importanza strategica per il futuro telescopio di 42m E-ELT. Gruppi INAF sono già impegnati con ESO nello studio di innovativi sistemi di ottica adattiva per E-ELT.

INAF è impegnato nello sviluppo di ottiche e specchi con tecnologie innovative, in collaborazione con industrie nazionali. In quest'ambito è stata sviluppata la tecnologia dell'*ion-figuring* per la correzione a livello sub-micrometrico di ottiche a-sferiche, è stata implementata in ambito nazionale la tecnologia del *jet-polishing* per il *figuring* ad alta precisione di specchi di grandi dimensione. È stata sviluppata con successo la tecnologia degli specchi leggeri in vetro con struttura interna a sandwich, che ha permesso di realizzare i 120 m² dello specchio del telescopio Cherenkov MAGIC II e che sarà utilizzata per realizzare i 10000 m² di superficie riflettente del progetto CTA (Cherenkov Telescope Array).

INAF ricopre sin dai tempi delle missioni SAX, XMM-Newton, INTEGRAL, SWIFT e Agile un ruolo



di eccellenza internazionale nel campo dell'ottica e della strumentazione nelle bande X e gamma. In particolare, ricercatori INAF hanno sviluppato la tecnica della elettroformazione per le ottiche radenti per raggi X, una tecnica ora utilizzata per la produzione di specchi di alta qualità ottica anche per altre applicazioni, sia astronomiche che non, con particolare riguardo all'applicazione in dispositivi elettronici del futuro prodotti con tecniche nano-litografiche.

La comunità italiana ha raggiunto un alto grado di *expertise* nella costruzione di radiometri e di bolometri. Entrambe le tecnologie hanno visto una rapida evoluzione che ha portato ai recenti successi nelle osservazioni del fondo cosmico a micro-onde. È utile sottolineare che uno dei due strumenti che volano a bordo del satellite Planck, LFI (Low Frequency Instrument), è stato costruito da ricercatori INAF. Lo sviluppo tecnologico in questo campo deve progredire in entrambe le aree per sfruttare pienamente il loro potenziale.

Gli spettrometri nelle bande UV, Visibile e infrarosso e i sistemi di cattura di micro-grani di polveri cosmiche in sonde interplanetarie, sono stati sviluppati in ambito INAF in collaborazione con industrie nazionali. Non solo questi sistemi sono stati impiegati con successo in tanti progetti internazionali (per esempio Mars Express , Rosetta, PRISMA) ma trovano applicazione nel monitoraggio atmosferico terrestre, con particolare riferimento ai problemi di monitoraggio ambientale.

Esiste in INAF un alto livello di specializzazione nel campo della progettazione e sviluppo di sistemi di acquisizione dati digitali (back-end). INAF ha sviluppato e brevettato nuovi *Digital Base Band Converter* (DBBC) oggi adottati da tutte le antenne della rete interferometrica VLBI europea.

I ricercatori INAF sono all'avanguardia nella tecnica dell'ottica attiva che permette di correggere le deformazioni gravitazionali dei grandi specchi. Un nuovo sistema di ottica attiva, progettato e brevettato da INAF, è stato implementato con successo sull'antenna VLBI di Noto e verrà presto montato sulla nuova antenna parabolica di 64m di SRT.

Collaborazioni INAF con l'Università e altri Enti di Ricerca

Astronomi ed astrofisici sono presenti in molte Università. In particolare vi sono Dipartimenti di Astronomia nelle Università di Bologna e Padova. Gruppi di ricerca in astrofisica sono presenti anche in diversi Dipartimenti di Fisica, fra cui Torino, Milano, Milano Bicocca, Como-Insubria, Pavia, Trieste, Trieste-SISSA, Ferrara, Firenze, Pisa, Scuola Normale Superiore di Pisa, Cagliari, L'Aquila, Pescara, Roma La Sapienza e Roma Tor Vergata, Roma-3, Napoli Federico II e Napoli Partenope, Lecce, Cosenza, Catania e Palermo. Inoltre INAF collabora alla formazione di nuovi ricercatori, coadiuvando le istituzioni universitarie nei corsi di laurea e di dottorato e nella supervisione di tesi di ricerca. In diversi casi i rapporti di collaborazione e scambio tra INAF e Università sono regolati da apposite convenzioni. Il personale scientifico universitario ha accesso alle infrastrutture supportate da INAF alla stessa stregua del personale dell'Istituto stesso.

Particolare rilevanza riveste la stretta collaborazione tecnica e scientifica dell'INAF con l'ASI per la definizione e la realizzazione di progetti spaziali di interesse comune sia in ambito nazionale e bi-/multilaterale, che all'interno del programma ESA. Numerose sono anche le iniziative comuni già in essere per lo sfruttamento scientifico e la pubblicazione dei risultati dei programmi spaziali congiunti. Da alcuni anni i rapporti tra i due Enti sono regolati da un'apposita convenzione quadro. Il coordinamento delle rispettive attività nei settori di reciproco interesse, è assicurato da un Comitato permanente paritetico di raccordo. Vi è inoltre un'importante partecipazione dell'INAF al *Centro dei Dati Scientifici* dell'ASI (ASDC). La sinergia INAF-ASI rappresenta un importante



fattore propulsivo per l'industria aerospaziale italiana.

Ricercatori con background ed interessi astrofisici sono presenti in altri Enti di Ricerca, e in particolare nell'INFN. La Commissione Scientifica Nazionale 2 dell'INFN è dedicata alla fisica delle astro-particelle, che include la fisica dei raggi gamma, dei raggi cosmici, dei neutrini e lo studio delle onde gravitazionali. Il numero complessivo di ricercatori coinvolti in questi progetti è circa 150. Il numero complessivo di ricercatori appartenenti ad Università o ad altri Enti e associati ad INAF è di circa 200 unità.

L'INAF ha nell'INFN l'ente di ricerca italiano più vicino per tematiche e interessi scientifici. Alcuni progetti spaziali per lo studio delle sorgenti cosmiche di raggi gamma, quali le missioni spaziali Fermi e Agile, e il telescopio Cherenkov MAGIC, hanno una chiara valenza astrofisica. I programmi legati agli interferometri Virgo e, in prospettiva LISA, miranti alla rivelazione e allo studio delle onde gravitazionali che INFN conduce, hanno raggiunto un grado di avanzamento tale da richiedere un supporto astrofisico, sia dal punto di vista osservativo che da quello dello sviluppo dei modelli e della teoria. Gruppi di ricerca INAF collaborano inoltre a progetti INFN nel campo dei raggi cosmici, della rivelazione dei neutrini solari e da supernove, e delle misure di sezioni d'urto nucleari di interesse astrofisico. È interesse dei due Enti proseguire e rafforzare questi rapporti di collaborazione. Per quanto riguarda l'astrofisica dei neutrini e quella delle onde gravitazionali, esiste una proficua sinergia INAF-INFN, in cui INFN dirige principalmente la parte sperimentale e INAF quella più propriamente astrofisica, combinando pertanto le specifiche competenze dei due enti.

Disseminazione delle Conoscenze e delle Scoperte Astronomiche

Le strutture INAF sono impegnate in molte attività di divulgazione, soprattutto indirizzate ai giovani, attraverso siti web dedicati, centri visite, conferenze pubbliche e seminari. Alcune strutture ospitano musei importanti, altre dedicano l'uso di piccoli telescopi all'insegnamento ed alla diffusione dell'astronomia. Spesso si osserva come giovani studenti indirizzino la loro curiosità verso astronomia e astrofisica, discipline per loro (e per molti) affascinanti e stimolanti, che poi fungono da veri e propri catalizzatori per una conoscenza scientifica più ampia. L'astronomia diventa così un attrattore per spingere i giovani verso le professioni scientifiche e tecnologiche. Immagini eccezionali ottenute da satelliti e da telescopi e sorprendenti scoperte scientifiche forniscono da sempre un forte stimolo all'interesse e all'immaginazione del pubblico, e inducono ad un rinnovato e crescente apprezzamento della grandezza e diversità dell'Universo. L'astrofisica, le tecnologie d'avanguardia sviluppate per i suoi studi, e le diverse implicazioni in moltissimi altri ambiti scientifici, sono inoltre sempre in grado di ispirare gli insegnanti, i quali a loro volta interessano i giovani alla scienza ed alla esplorazione dell'ignoto. Questi insegnanti trovano nella professionalità e nella passione degli astronomi INAF un valido supporto alle loro attività.

La proclamazione del 2009 come Anno Internazionale della Astronomia da parte dell'Unesco su proposta avanzata dall'Italia e poi ratificata dall'ONU, è stata una grande occasione per diffondere le scoperte dell'astronomia degli anni più recenti, e per illustrare il ruolo essenziale ricoperto dall'astronomia nell'educazione scientifica. Come nel resto del mondo, anche in Italia l'astronomia è stata portata nelle piazze ed ha incontrato il pubblico nei suoi luoghi quotidiani. Molte di queste iniziative sono state preparate dalle strutture dell'INAF in collaborazione con altri enti di ricerca, planetari, università, ecc.

Sempre in occasione dell'Anno Internazionale della Astronomia l'INFN, l'INAF e l'ASI hanno realizzato una grande mostra, inaugurata al Palazzo delle Esposizioni a Roma (*Astri e Particelle*).



Le Parole dell'Universo), che ha raccontato la scienza, gli uomini e i grandi esperimenti astrofisici, e che ha riscosso grandissimo successo di pubblico. Ma va sottolineato anche il successo di un'infinità di iniziative locali promosse dall'INAF, anche in collaborazione con altre organizzazioni, che ha dimostrato il forte interesse del pubblico italiano per l'astronomia e le sue sensazionali scoperte. La celebrazione dell'Anno Internazionale dell'Astronomia ha consentito di stabilire un forte contatto col grande pubblico di tutte le fasce d'età, e INAF intende adoperarsi affinché tale contatto sia mantenuto ed esteso con nuove iniziative ispirate dal successo dell'anno passato.

Considerazioni Conclusive

Come già menzionato, a partire dal 2005 INAF raggruppa i 12 Osservatori Astronomici, i 7 Istituti già del CNR dedicati alla ricerca astronomica e il Telescopio Nazionale Galileo (Canarie). Tale fusione in un unico Ente di Ricerca è stata fortemente voluta dalla comunità astronomica italiana, nella prospettiva di un più incisivo coordinamento delle proprie attività di ricerca, specialmente per quanto concerne i grandi progetti nazionali ed internazionali. Tutto ciò con lo scopo di perseguire sempre più alti livelli di eccellenza nelle ricerche svolte, contribuendo, con la forza che ne deriva, alla definizione delle scelte strategiche per la ricerca astronomica in ambito europeo.

Purtroppo, la fusione in un unico Ente è avvenuta nominalmente a "costo zero", e questo assieme alla progressiva erosione del "potere di acquisto" del Fondo di Funzionamento Ordinario, ha di fatto rappresentato un forte arretramento nelle risorse finanziarie disponibili per il supporto a tutte le attività di ricerca, quali la ricerca di base, la ricerca tecnologica, il mantenimento delle infrastrutture osservative esistenti, il completamento dei progetti già avviati, nonché la possibilità di avviarne di nuovi, e segnatamente quelli con i nostri *partners* internazionali. I margini di manovra dell'Ente si sono ridotti drasticamente, mettendo pertanto a rischio il mantenimento dei livelli di eccellenza fin qui raggiunti, e con essi la posizione dell'astronomia italiana in campo mondiale.

INAF è pienamente consapevole della difficile congiuntura attraversata dall'economia mondiale e da quella italiana in particolare. Forti tagli ai bilanci statali sono ora operati da tutti i paesi sviluppati. Alcuni però, quali Stati Uniti, Germania, Francia ed altri ancora, accanto ai tagli su gran parte delle uscite statali, hanno incrementato gli stanziamenti per l'educazione e la ricerca. Ciò secondo una logica per cui è proprio in momenti di crisi che bisogna investire sul futuro, per aprire nuove frontiere e nuove opportunità economiche, laddove alcune di quelle tradizionali non sono più competitive sul mercato globale. INAF si augura che anche l'Italia faccia parte di questo gruppo di Paesi, ed è pronto a fare fino in fondo la sua parte, operando tutti i risparmi e tutte le possibili economie di scala, convogliando le proprie risorse sui progetti e programmi scientifici più competitivi a livello internazionale, e investendo interamente in ricerca e innovazione le risorse aggiuntive che potessero rendersi disponibili.

La **Visione Strategica di INAF** è volta in special modo ai grandi progetti futuri a livello europeo e mondiale, quali in particolare E-ELT e SKA e i grandi progetti per l'astrofisica dallo spazio della prossima generazione, conducendo fin d'ora quelle ricerche di punta che meglio preparano al loro utilizzo scientifico. Parte integrante di questa visione è la partecipazione attiva allo sviluppo delle tecnologie necessarie alla definizione e progettazione di detti strumenti, così da favorire la possibilità di forti ritorni industriali verso il nostro Paese, per progetti le cui commesse industriali assommeranno complessivamente a molti miliardi di Euro.

Documento di Vision





Riferimenti Bibliografici

A Science Vision for European Astronomy:

<http://admin-ipj.home.pl/hostmaster-cms/users/astroparticle/multimedia/10.pdf>

Astronet Infrastructure Roadmap:

http://www.eso.org/public/outreach/products/books/pdf/astronet_lowres.pdf

ESA Cosmic Vision: <http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=38542#>

European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) Roadmap:

http://ec.europa.eu/research/infrastructures/index_en.cfm?pg=publications#publications

Piano a Lungo Termine dell'INAF:

www.inaf.it/struttura-organizzativa/cs/plt/plt_definitivo.pdf/view



Appendice: Lista delle abbreviazioni usate nel documento

AGILE - Astrorivelatore Gamma ad Immagini ultra Leggero

AIA - Anno Internazionale dell'Astronomia

ALMA - Atacama Large Millimeter Array

AMANDA - Antarctic Muon and Neutrino Detector Array

ANTARES - Astronomy with a Neutrino Telescope and Abyss environmental RESearch

APERTIF - APERTure Tile In Focus

ASDC – ASI Science Data Center

ASI - Agenzia Spaziale Italiana

ASKAP - Australian Square Kilometer Array Pathfinder

ASTRONET - Rete Europea per stabilire e sviluppare una visione globale comune per la ricerca astronomica

ATCA - Australia Telescope Compact Array

ATST – Advanced Technology Solar Telescope

AUGER - Rivelatore di raggi cosmici, prende il nome dal fisico francese Pierre Auger

BEPI-COLOMBO - Missione per esplorare Mercurio, nominata in onore di Giuseppe (Bepi) Colombo, matematico ed ingegnere Italiano

BEPPOSAX - Satellite di Astronomia X, chiamato Beppo in onore del fisico italiano Giuseppe (Beppo) Occhialini

CASSINI-HUYGENS – Missione per l'esplorazione del sistema di Saturno

CCD - Charge Coupled Device

CLUSTER - Missione ESA per lo studio degli effetti del vento solare sulla Terra

CMB - Cosmic Microwave Background

CTA - Cherenkov Telescope Array

DAWN - Missione NASA per studiare i protopianeti Vesta e Cerere

E-ELT - European Extremely Large Telescope

e-MERLIN - Electronically linked MERLIN

e-ROSITA - extended ROentgen Survey with an Imaging Telescope Array

ERC - European Research Council

ESA - European Space Agency

ESFRI - European Strategy Forum on Research Infrastructures

ESO - European Southern Observatory

EST - European Solar Telescope

EUCLID - Missione ESA per studiare l'energia oscura

e-VLBI - Electronically linked VLBI

EVN - European VLBI Network

EXIST - Energetic X-ray Imaging Survey Telescope

EXOMARS - Missione per l'esplorazione di Marte

FERMI - Originariamente GLAST, satellite per astronomia gamma

GAIA - Global Astrometric Interferometer for Astrophysics

GMRT - Giant Meter Radio Telescope

Documento di Vision

INAF



ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA
NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS

GRB - Gamma Ray Burst o lampi gamma

HERSCHEL - Satellite per astronomia infrarossa prima chiamato FIRST e rinominato dopo il lancio

HESS - High Energy Stereoscopic System

HST - Hubble Space Telescope

IAU – International Astronomical Union

ICECUBE - Rivelatore di neutrini in Antartide

INAF - Istituto Nazionale di AstroFisica

INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

INTEGRAL - International Gamma-Ray Astrophysics Laboratory

IXO - International X-ray Observatory

JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency

JIVE - Joint Institute for VLBI in Europe

JUNO - Missione per esplorazione di Giove

JWST - James Webb Space telescope

KM3NeT - Cubic Kilometer neutrino Telescope

LAPLACE - Missione per esplorare Europa ed il sistema Gioveano

LBT - Large Binocular Telescope

LFI – Low Frequency Instrument

LIGO – Laser Interferometer Gravitational wave Observatory

LISA - Laser Interferometer Space Antenna

LOFAR - Low Frequency Array

MAGIC - Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov telescope

MeerKAT - Karoo Array Telescope

MERLIN - Multi Element Radio Linked Interferometer Network

NASA - National Aeronautics and Space Administration

NHXM – New Hard X-ray Mission

NSF - National Science Foundation

ONU – Organizzazione Nazioni Unite

PLANCK - in origine chiamata COBRAS/SAMBA, la missione è stata rinominata in onore dello scienziato tedesco Max Planck

PLATO - PLANetary Transits and Oscillations of stars

PLT - Piano a Lungo Termine

PrepSKA – Preparatory Phase for SKA

PRISMA - PRecursores IperSpettrale della Missione Applicativa

OPTICON – Optical Infrared Co-ordination Network

RADIOASTRON – Satellite VLBI russo il cui lancio è previsto per fine 2010

RADIONET – Radio Astronomy Network

REM – Rapid Eye Mount

ROSETTA - Missione per esplorazione cometaria prende il nome dalla famosa stele di Rosetta

Documento di Vision

INAF



ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA
NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS

SAX – Satellite di Astronomia X

SIT – Servizio di Innovazione Tecnologica dell' INAF

SKA - Square Kilometer Array

SKADS - Square Kilometer Array Design Studies

SOHO - Solar and Heliospheric Observatory

SOLAR ORBITER - Missione solare dell' ESA

SPICA - Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics

SRT - Sardinia Radio Telescope

SWIFT - Missione per rivelare gamma ray burst. Swift non è un acronimo ma si riferisce al rapido movimento del telescopio come quello di un uccello dello stesso nome

TNG - Telescopio Nazionale Galileo

ULYSSES – Missione ESA per studiare il sole

VENUS EXPRESS - Missione ESA per esplorazione di Venere

VERITAS - Very Energetic Radiation Imaging Telescope Array System

VIRGO - Interferometro per la rivelazione di onde gravitazionali

VLA - Very Large Array

VLBI - Very Large Baseline Interferometry

VLT - Very Large Telescope

VO - Virtual Observatory

VSOP-2 -VLBI Space Observatory Programme-2

VST - VLT Survey Telescope

WFXT – Wide Field X-ray Telescope

WSRT - Westerbork Synthesis Radio Telescope

XMM-NEWTON - X-ray Multi-Mirrors telescope

Documento di vision

