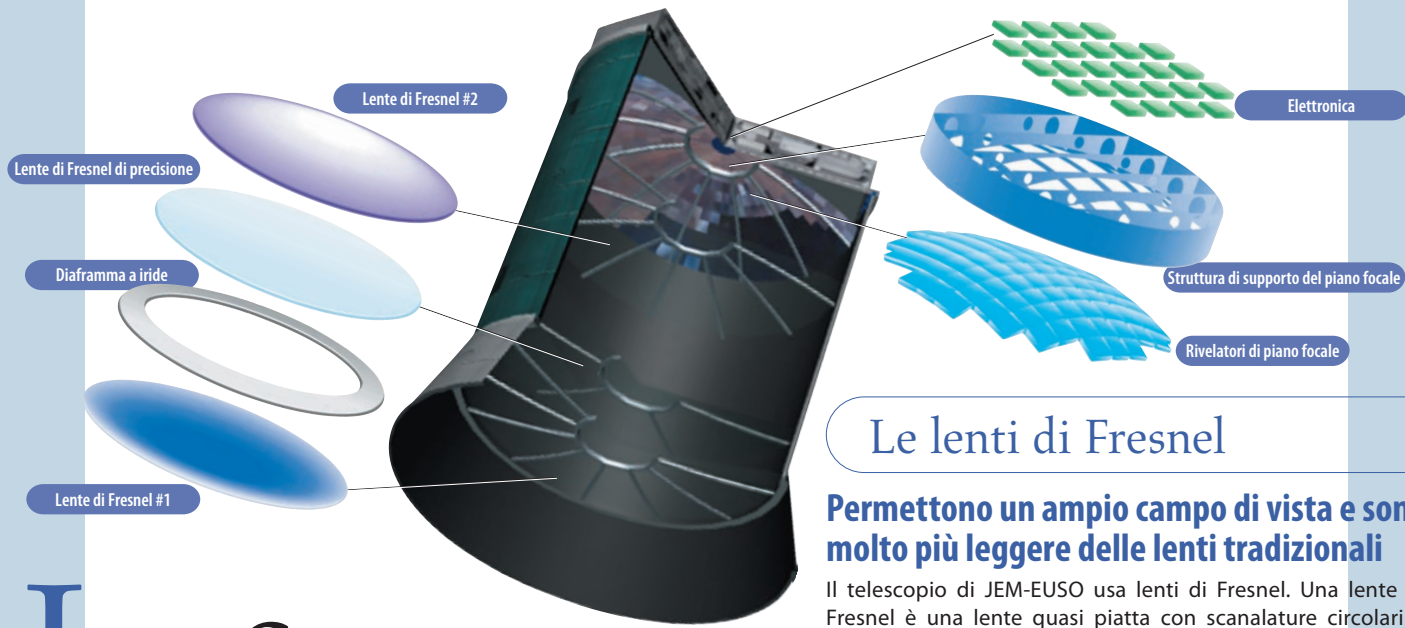


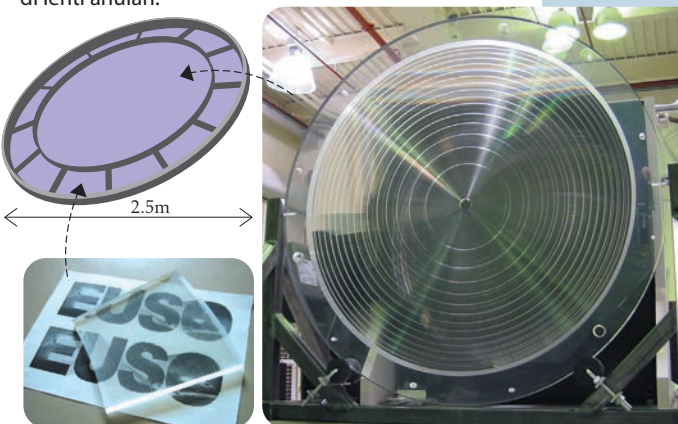
JEM-EUSO si basa su tecnologia di punta



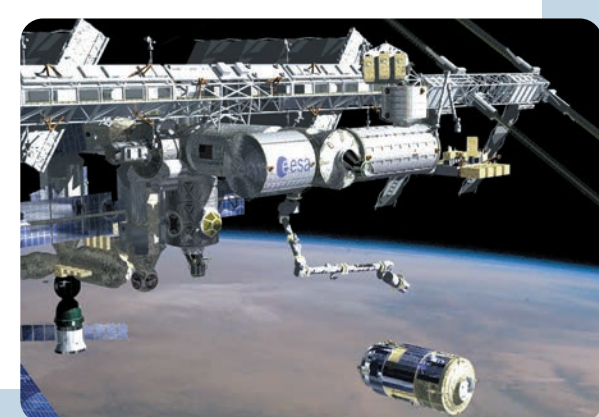
Le lenti di Fresnel

Permettono un ampio campo di vista e sono molto più leggere delle lenti tradizionali

Il telescopio di JEM-EUSO usa lenti di Fresnel. Una lente di Fresnel è una lente quasi piatta con scanalature circolari e concentriche che eliminano la grande massa necessaria per una lente concava o convessa standard per le stesse applicazioni. Una lente leggera e sottile è necessaria per un'applicazione spaziale, fornendo le stesse prestazioni ottiche di una lente spessa e pesante. JEM-EUSO utilizza due lenti sottili curve con scanalature di Fresnel da ambo le parti e una lente di Fresnel con un ulteriore reticolo di diffrazione, tutte di materiale plastico trasparente ai raggi UV. Così progettato, il sistema ottico permette la massima efficienza con il più ampio campo di vista. Ciascuna delle tre lenti ha diametro di 2,5 m, ed è composta da una parte centrale di 1,5 m e una corona esterna di lenti anulari.



▲ La configurazione di un elemento centrale con petali anulari permette di ottenere una lente di dimensioni superiori rispetto a ciò che si può fabbricare mediante un'unica macchina.



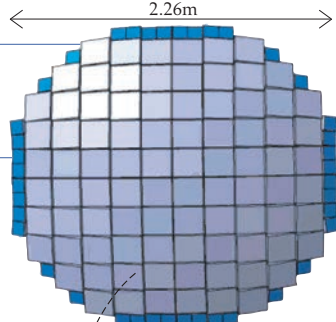
▲ Il Veicolo di Trasferimento sulla Stazione Spaziale (HTV) in avvicinamento alla ISS ©JAXA

La Struttura

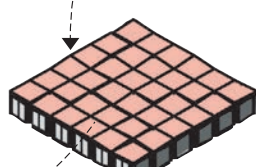
I Rivelatori di piano focale

6000 fotomoltiplicatori

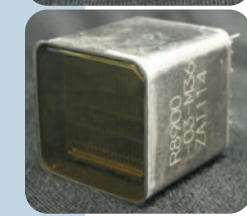
Il piano focale è curvo, con un diametro di 2,26 m, e contiene 6000 fotomoltiplicatori multianodo (PMT) da 1 pollice quadrato ciascuno che rivelano la luce proveniente dalle diverse parti dell'atmosfera terrestre. I fotomoltiplicatori precedenti avevano una superficie foto-sensibile massima del 45%. JEM-EUSO e Hamamatsu Photonics hanno congiuntamente sviluppato nuovi PMT con un'area efficace superiore all'85%.



▲ Il piano focale
È composto da 164 moduli foto-sensibili.



▲ Il modulo foto-sensibile
La superficie focale di 2,26 m di diametro è coperta da matrici di 6x6 = 36 fotomoltiplicatori per modulo foto-sensibile per un totale di 5904 PMT.



▲ I fotomoltiplicatori
La superficie dei fotomoltiplicatori ha un'area attiva dell'85%, con 6x6 pixel per un'area complessiva di 26,2 mm².

Il Lancio

Il Veicolo di Trasferimento sulla Stazione Spaziale (HTV) della JAXA trasporterà JEM-EUSO

Il modulo HTV sarà lanciato dal vettore H-IIB della JAXA e trasporterà autonomamente JEM-EUSO sulla ISS. Il braccio meccanico della ISS aggancerà JEM-EUSO al modulo "Kibo" della JEM.

Confronto tra JEM-EUSO e i più grandi osservatori al mondo

	AGASA	HiRes	Auger (sito Sud)	Telescope Array	JEM-EUSO
Organizzazione	Università di Tokyo	Università dello Utah	Consorzio Internazionale	Università di Tokyo e Università dello Utah	Consorzio Internazionale
Luogo	Yamanashi, Giappone	Utah, USA	Argentina	Utah, USA	Stazione Spaziale Internazionale
Tipo di rivelatore	Rivelatori di particelle a terra	Telescopi di Fluorescenza a terra	Rivelatori di particelle e telescopi di fluorescenza a terra	Rivelatori di particelle e telescopi di fluorescenza a terra	Telescopio di fluorescenza nello spazio
Periodo di funzionamento	1990 - 2004	1997 - 2006	2004 -	2007 -	Lancio atteso per il 2013
Apertura effettiva (km ² ·sr)	150	500	~7000	760	125000
Frequenza di eventi alle energie estreme (No./anno)	1, esperimento terminato	Nessun evento osservato, esperimento terminato	50 (attesi) 3 (osservati)	10 (attesi)	350 - 1700 (attesi)

Parametri operativi della missione JEM-EUSO

Altitudine	circa 400 km	Numero di pixel sulla superficie focale	circa 0.2 milioni
Latitudine e longitudine di osservazione	51°N-51°S per tutte le longitudini	Risoluzione a terra	circa 0.8 km
Campo di vista	60°	Duty Cycle	12-25%
Apertura <small>(dimensione della superficie al suolo)</small>	0.2 milioni di km ²	Durata temporale della missione	3 (+2) anni
Diametro del telescopio	2.5m	Massa totale	~1.9 tonnellate
Sistema ottico	2 lenti sottili curve con scanalature di Fresnel da ambo le parti e 1 lente di Fresnel con ulteriore reticolo di diffrazione	Potenza necessaria	< 1kW

Partner internazionali

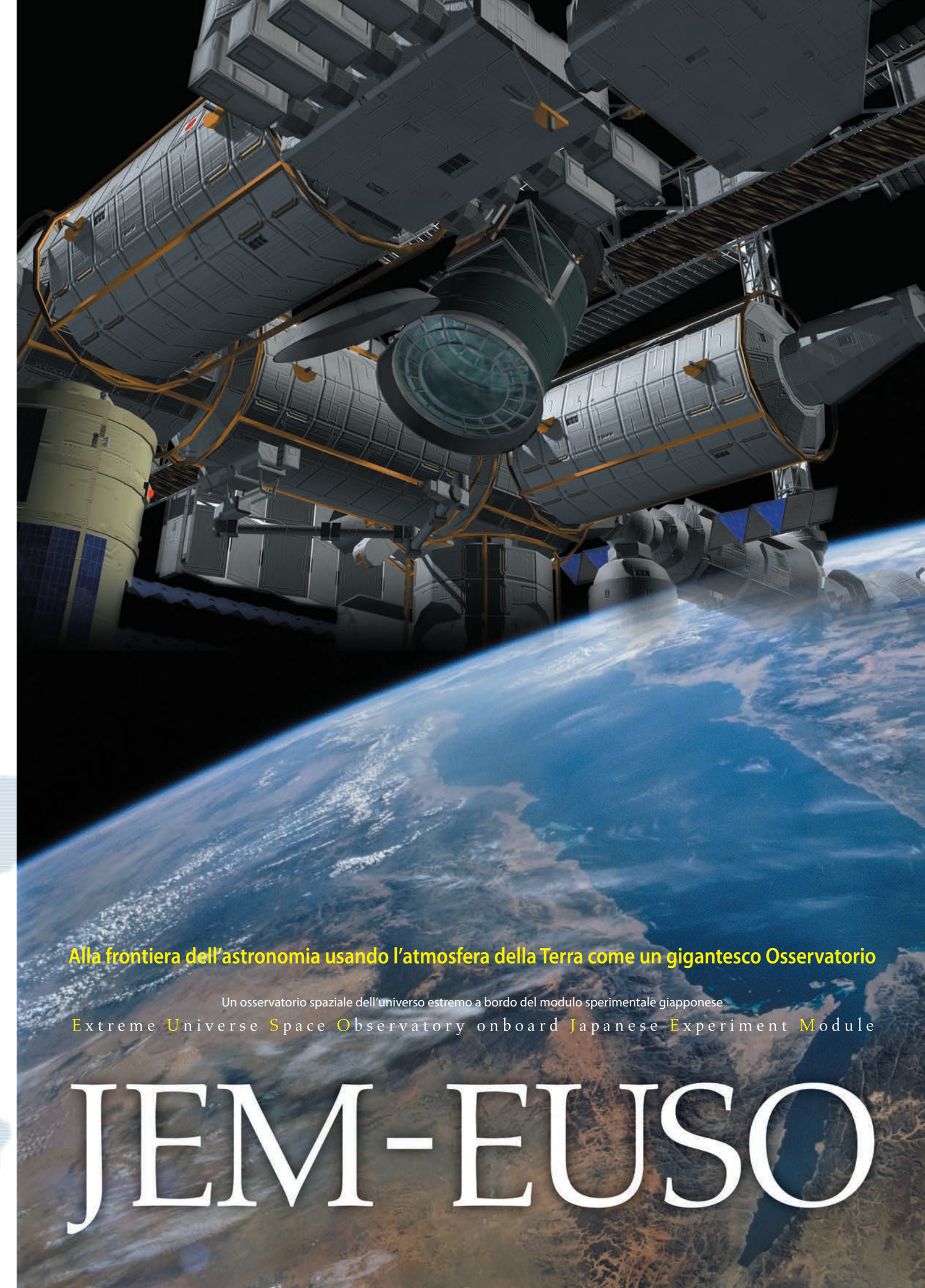
	Giappone	RIKEN, Univ. Konan, Univ. Tecn. Fukui, Univ. Aoyama Gakuin, Univ. Saitama, NIRS, Univ. Tokyo, Univ. Tohoku, ICRR Univ. Tokyo, KEK, Univ. Chiba, NAOJ, ISAS/JAXA, Univ. Kanazawa, Univ. Nagoya, Lab. STE, Univ. Nagoya, Istituto Yukawa, Univ. Kyoto, Univ. Kobe, JAERI, Univ. Kinki, Univ. Hiroshima, Univ. Hokkaido
	Italia	Univ. Firenze, Univ. Napoli, Univ. Palermo, Univ. Roma "Tor Vergata", Univ. Torino, INOA/CNR, IASF-PA/INAF, IFSI-TO/INAF, INFN
	Francia	APC, CNRS, IN2P3
	Germania	MPI Monaco, Univ. Tubinga, MPI Bonn, Wuerzburg, Univ. Erlangen
	Spagna	Univ. Alcalà
	Corea del Sud	Univ. Ehwa W., Univ. Ajou, Univ. Yonsei, Univ. Nazionale Chonnam
	Messico	ICN-UNAM, BUAP, UMSNH
	Russia	SINP MSU, Dubna JINR
	Svizzera	Osservatorio di Neuchatel
	USA	NASA/MSCE, UAH, LBL UCB, UCLA, Univ. Vanderbilt, Univ. Arizona

Collaborazione JEM-EUSO

GIAPPONE
Computational Astrophysics Laboratory, RIKEN
2-1 Hirosawa, Wako, Saitama 351-0198 Giappone
Tel : +81-48-467-9417 Fax : +81-48-467-4078
E-mail : jem-euso-staff@riken.jp URL : http://jemeuso.riken.jp/

ITALIA
Dipartimento di Fisica Generale, Università di Torino
Via. P. Giuria, 1 - 10125 Torino, Italia
Tel : +39-011-6707491 Fax : +39-011-6707493
E-mail : galeotti@to.infn.it

Con il contributo del Ministero Affari Esteri, Direzione Generale per la Promozione e la Cooperazione Culturale



Alla frontiera dell'astronomia usando l'atmosfera della Terra come un gigantesco Osservatorio

Un osservatorio spaziale dell'universo estremo a bordo del modulo sperimentale giapponese
Extreme Universe Space Observatory onboard Japanese Experiment Module

JEM-EUSO

L'Origine

Gli eventi più energetici osservati al mondo

Ogni secondo e ogni metro quadrato la superficie terrestre è bombardata da migliaia di particelle cariche, chiamate raggi cosmici. Il loro flusso diminuisce al crescere dell'energia. Le previsioni teoriche indicano che il flusso di raggi cosmici di energia superiore a 4×10^{19} eV debba essere fortemente soppresso a causa della perdita di energia che essi subiscono interagendo con il fondo cosmico di microonde che pervade l'universo.

Dopo la scoperta nel 1962 di un evento da 10^{20} eV* ad opera di John Linsley, altri simili eventi furono osservati negli anni '90 dall'Akeno-Giant-Air-Shower-Array (AGASA) dell'Università di Tokyo e dagli esperimenti Fly's Eye/Hi-Res dell'Università dello Utah. L'origine di queste particelle così energetiche è sconosciuta e allo stesso tempo affascinante, e attrae un enorme interesse scientifico.

* 10^{20} eV: 16 Joules, cioè l'energia necessaria per riscaldare 1cc di acqua di 16°C .

Il Mistero

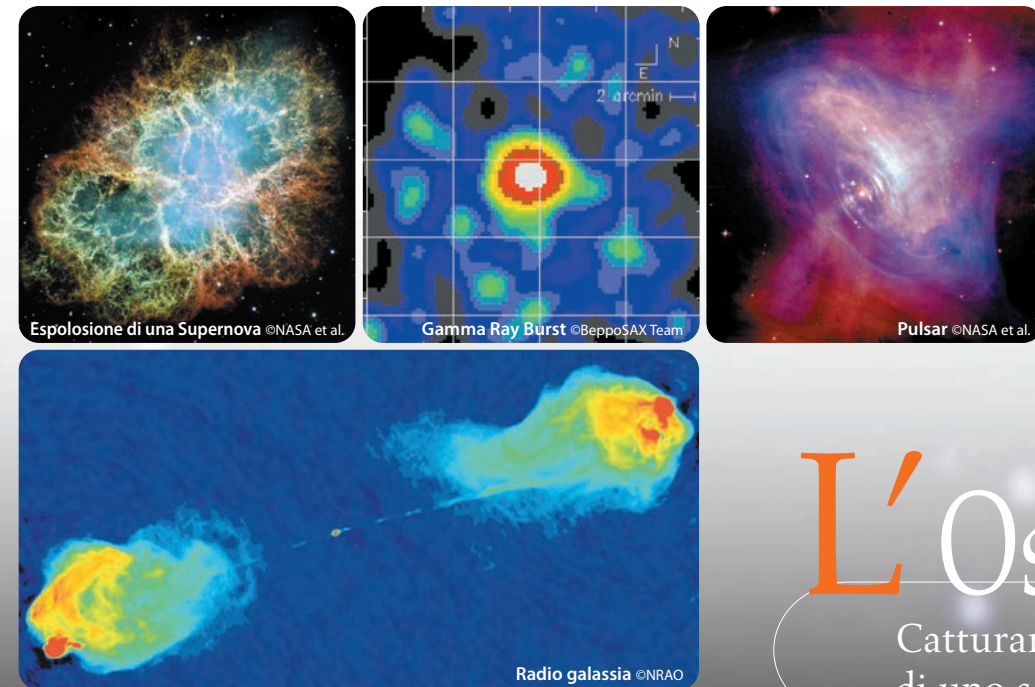
La teoria della relatività ha un limite? Esistono processi fisici o oggetti ancora sconosciuti?

L'assorbimento delle particelle di più alta energia è stato predetto teoricamente da Greisen, Zatsepin e Kuz'min (taglio GZK) sulla base del fatto che l'universo è pervaso da una radiazione di fondo nella regione delle microonde (CMB) - l'impronta più evidente del Big-Bang. I raggi cosmici più energetici collidono con il CMB con un libero cammino medio di 150 milioni di anni luce (50 Mega parsec), fino a che la loro energia si riduce a 4×10^{19} eV (nell'ipotesi che la teoria della relatività ristretta di Einstein sia valida per qualsiasi energia e ovunque nell'intero universo).

Il fatto che particelle con energia di gran lunga superiore al taglio GZK siano state osservate mette in discussione le nostre attuali conoscenze di fisica e astrofisica. Una possibilità è che ci siano rilevanti sorgenti di

particelle di altissima energia ad una distanza minore di 50 Mpc dalla nostra galassia. Queste sorgenti potrebbero includere le note radio-galassie più luminose (Centaurio-A o M-87 della Vergine), o potrebbe trattarsi di oggetti sconosciuti. Se nessuno di questi eventi così energetici provenisse dalla direzione di un qualche oggetto astrofisico noto, allora si potrebbe prendere in considerazione il fatto che la teoria della relatività o qualche altro principio fondamentale della fisica non sia più valido in queste condizioni. Le osservazioni condotte sino ad oggi potrebbero anche non essere corrette, pertanto il mistero sull'esistenza di queste particelle così energetiche richiede ulteriori e decisive esplorazioni.

non sarà diretto verso lo spazio esterno, bensì verso il basso e inquadrerà la superficie terrestre. Mentre un tipico telescopio astronomico punta l'Universo, JEM-EUSO osserverà lo spazio rivolgendosi verso la Terra usando l'atmosfera terrestre come il più grande rivelatore mai impiegato dagli scienziati per capire l'origine di queste particelle così elusive. JEM-EUSO è dunque un nuovo tipo di osservatorio astronomico, più precisamente, un telescopio astronomico "che osserva la Terra".



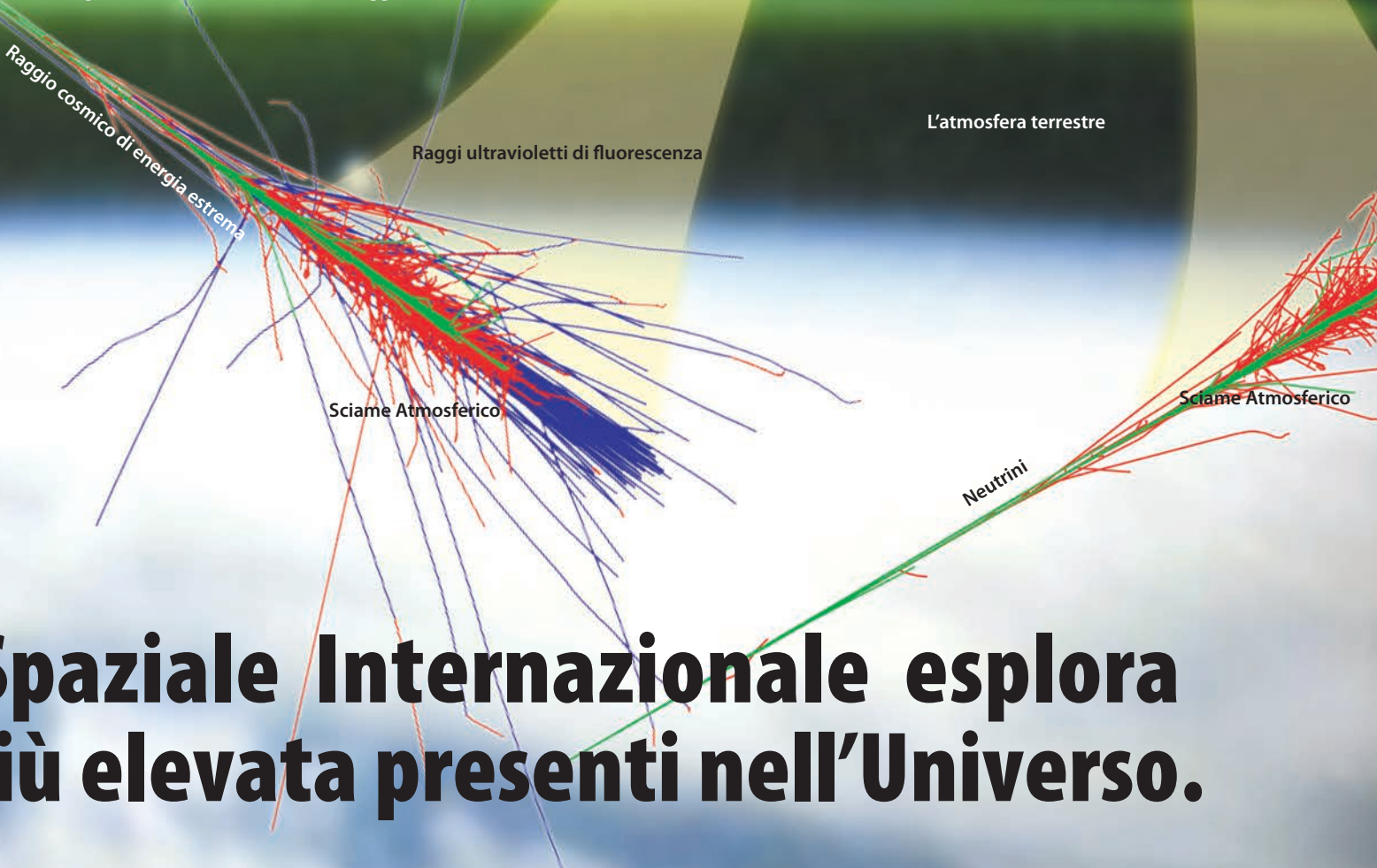
▲ Tra i possibili candidati quali sorgenti di particelle di energia estrema vi sono anche corpi stellari ancora sconosciuti.

L'Osservazione

Catturare i raggi ultravioletti di uno sciame atmosferico

I raggi cosmici che urtano l'atmosfera terrestre collidono con i nuclei atmosferici e generano numerosi elettroni, mesoni e raggi gamma. Le particelle secondarie, attraversando l'atmosfera, producono un'ulteriore generazione di particelle. L'intera "traccia" dell'evento è chiamata "Sciame Atmosferico". Un raggio cosmico di 10^{20} eV genera 100 miliardi di particelle, che incidono su di una superficie a terra di ben 3 km di raggio.

Gli elettroni dello sciame eccitano le molecole di azoto presenti nell'atmosfera causando l'emissione istantanea di numerosi fotoni di fluorescenza ultravioletta lungo la traccia. JEM-EUSO cattura questa luce e fotografa lo sviluppo dello sciame ad intervalli temporali di pochi microsecondi (milionesimi di secondo) come una velocissima video-camera digitale. L'aumento e la diminuzione dell'intensità luminosa della traccia lungo la traiettoria di uno sciame atmosferico che procede verso la superficie terrestre contiene l'informazione dell'energia e della direzione d'arrivo del raggio cosmico incidente.



(L'Osservatorio Spaziale dell'Universo Estremo - EUSO - a bordo del Modulo Sperimentale Giapponese - JEM)

Modulo Sperimentale Giapponese "Kibo" (JEM)

Stazione Spaziale Internazionale (ISS)

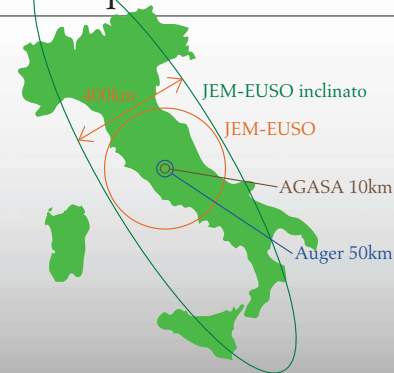
▲ JEM-EUSO sarà posto sul modulo "Kibo" (JEM) della ISS, e orbiterà attorno alla Terra con un periodo di 90 minuti a circa 400 km di altezza.

Il Grande Balzo

L'apertura supera di più di 1000 volte quella di AGASA

Per osservare i rarissimi eventi alle energie estreme è necessaria una grande area di campionamento. L'Istituto di Ricerca sui Raggi Cosmici dell'Università di Tokyo ha appena ultimato la costruzione nello Utah, USA, dell'esperimento "Telescope Array", con un'area di 760 km², come successore di AGASA. Il più grande apparato attualmente in funzione, attivo dal 2004 in Argentina, con una superficie di 3500 km², è il Pierre Auger Observatory (Pierre Auger è il nome dello scienziato francese che per primo scoprì l'esistenza degli sciami atmosferici nel 1938). Gli osservatori a Terra sono limitati dal fatto che possono osservare l'emisfero australe o boreale, ma non entrambi contemporaneamente.

I grandi osservatori a Terra hanno praticamente raggiunto le massime dimensioni possibili per rivelatori di questo tipo. Un osservatorio spaziale di tipo remote-sensing, quale JEM-EUSO, compie un vero passo da gigante circa le dimensioni della superficie osservabile, da 100.000 a 500.000 km² a seconda dell'angolo di puntamento (più di 1000 volte AGASA), sfruttando il fatto di trovarsi nello spazio a 400 km di altezza e con un ampio campo di vista (60°). Inoltre la ISS sorvola entrambi l'emisfero nord e sud. Una osservazione uniforme dell'intero cielo ad opera di un solo strumento di misura permette così di cercare eventuali correlazioni con tutti gli oggetti celesti ai noi noti.



La Sfida

I risultati scientifici del telescopio spaziale JEM-EUSO

L'astronomia mediante le particelle cariche che pervadono l'Universo

Le particelle cariche di bassa energia sono deviate dai campi magnetici presenti nello spazio galattico e intergalattico. L'informazione direzionale della loro origine è dunque persa. Al contrario, le particelle di più alta energia sono debolmente deviate, e pertanto conservano l'informazione sulla direzione di arrivo e quindi della loro locazione di origine. Per questa ragione, le particelle più energetiche sono messaggeri del cosmo per le osservazioni astronomiche, come la luce visibile, i raggi X, e l'infrarosso.

Sono state suggerite diverse sorgenti per i raggi cosmici di alta energia: i possibili candidati includono Supernovae, Gamma-ray Burst, Nuclei Galattici Attivi, pulsar, e collisioni recenti dei buchi neri centrali super massicci di Radio Galassie. La maggior parte di questi candidati è però incapace di accelerare le particelle oltre i 10^{20} eV mediante un qualsivoglia meccanismo fisico noto. Si pensa che ci debba essere un qualche ignoto meccanismo di accelerazione, o addirittura un processo diverso dall'accelerazione in grado di produrre queste energie estreme.

La ricerca di neutrini di più alta energia

I neutrini interagiscono debolmente con la materia e non sono soggetti al taglio GZK. Nessun evento è stato sinora osservato a causa della bassissima probabilità di interagire con gli attuali rivelatori di massa limitata. JEM-EUSO potrebbe osservare questi neutrini alle energie estreme, poiché l'intera atmosfera della Terra costituisce un bersaglio sufficientemente massiccio da permettere l'interazione e dunque l'osservazione di qualche evento all'anno.

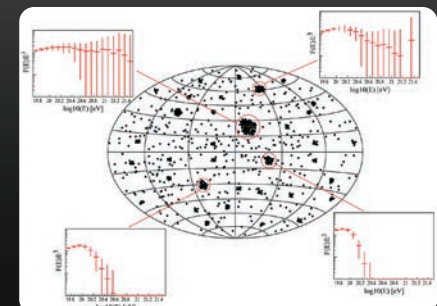
L'energia di frontiera - al di là della fisica di LHC

Il più grande acceleratore mai costruito dall'uomo, il "Large Hadron Collider" (LHC), ha iniziato a funzionare nel 2008. Genererà particelle di alta energia per esplorare questioni ancora aperte di fisica fondamentale. I raggi cosmici di energia più elevata sinora osservati hanno energie nel sistema del laboratorio di più di tre ordini di grandezza superiori rispetto a quelle ottenibili con LHC. Lo studio della fisica fondamentale può quindi essere esteso alle energie di frontiera mediante la misura delle particelle cosmiche di più alta energia osservabili con JEM-EUSO.

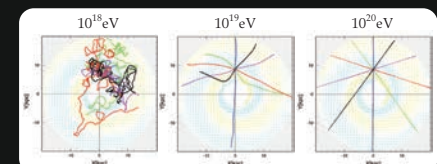
Il monitoraggio dei fenomeni atmosferici luminosi dell'intero pianeta

JEM-EUSO potrà osservare eventi di tipo transiente di luminescenza atmosferica del cielo notturno: ad esempio i lampi, le meteore, e i fenomeni di luminescenza atmosferica. I lampi avvengono tra le nuvole o tra Terra e nuvola. Alcuni dei più incredibili eventi di luminescenza sono fenomeni di scarica elettrica che avvengono su larga scala negli strati più alti dell'atmosfera, chiamati blu-jets, sprites, ed elves. Questi eventi fuoriescono dalle nuvole diretti verso lo spazio esterno. Sarà possibile monitorare la frequenza e la localizzazione su scala planetaria di questi fenomeni per aiutarci a capire le cause di eventi così stimolanti.

Infine, lo studio delle meteore, piccoli corpi solidi provenienti dallo spazio che penetrano nell'atmosfera terrestre, e in particolare l'osservazione delle loro dimensioni e spettri di fluorescenza, potrà essere di valido aiuto nello studio degli asteroidi che li hanno generati, e delle altre sorgenti nel sistema solare.



▲ Simulazione della mappa del cielo ottenibile con JEM-EUSO (1000 eventi). I multipletti si raggruppano indicando la posizione della sorgente.



▲ Le particelle cariche di bassa energia sono deviate e spiralizzano nei campi magnetici, ma quelle al di sopra dei 10^{20} eV procedono lungo traiettorie pressoché rettilinee con una limitata influenza da parte dei campi magnetici, mantenendo, pertanto, l'informazione sulla loro direzione di arrivo originaria.



▲ Un'interessante scarica elettrica: un fenomeno di Carrot Sprite. Foto fornita da Koji Ito (Suginami-ku Tokyo).

JEM-EUSO sulla Stazione Spaziale Internazionale esplora l'origine delle particelle di energia più elevata presenti nell'Universo.

▲ L'atmosfera terrestre fotografata dallo Space Shuttle ©NASA